

Departamento de Física  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Universidade de Coimbra



Siemens, SA – HealthCare

**SIEMENS**

# **Análise do perfil dos consumos de gases frescos e anestésicos, durante a anestesia geral, em circuito fechado**

Filipa Pinheiro Marques

Coimbra, Setembro de 2008

Departamento de Física  
Faculdade de Ciências e Tecnologia  
Universidade de Coimbra



Siemens, SA – HealthCare

**SIEMENS**

# **Análise do perfil dos consumos de gases frescos e anestésicos, durante a anestesia geral, em circuito fechado**

2003125148

Filipa Pinheiro Marques (filipa.pm@gmail.com)

Projecto de Mestrado Integrado em Engenharia Biomédica

Orientador na F.C.T.U.C.: Professora Doutora Filomena Botelho

Supervisor na Siemens SA – HealthCare: Engenheiro Filipe Janela

Aos meus pais e mano.

## Agradecimentos

À Doutora Filomena Botelho, ao Engenheiro Nelson Leitão e a toda a equipa de *critical care*, por me terem dado formação constante, sem a qual este projecto não seria possível, e por terem estado sempre disponíveis. Ao Engenheiro Filipe Janela, por todo o apoio dado na fase final do projecto.

Ao Hospital da Arrábida, S.A., que proporcionou a hipótese de realização deste projecto, autorizando a consulta de dados referentes ao funcionamento do aparelho de anestesia Zeus®.

Ao Doutor Jorge Reis, Director do Bloco Operatório e Unidade de Cuidados Intensivos do Hospital da Arrábida, por ter acompanhado de forma crítica a utilização de dados do Zeus® e por ter ajudado a definir o rumo deste trabalho.

Ao Professor Doutor Miguel Morgado, por ter estado sempre disponível para ajudar.

Aos meus avós, tia e amigos, em especial à Ana e ao João Pedro.

## Resumo

Pretende-se com este projecto estudar um aparelho de anestesia a funcionar em circuito fechado, o Zeus<sup>®</sup> (Dräger Medical, Lübeck, Alemanha). Analisa-se nomeadamente o perfil dos consumos de gases frescos (oxigénio, ar e protóxido de azoto) e gases anestésicos (desflurano e sevoflurano).

Foram incluídos os dados da monitorização de trinta e oito anestésias, efectuadas sequencialmente pelo mesmo profissional, com o mesmo equipamento e com protocolo anestésico similar. Os dados foram recolhidos automaticamente num aparelho de anestesia Zeus<sup>®</sup>, e registados a cada 10 segundos em suporte informático, utilizando um *software* específico. Os parâmetros registados agruparam-se em função da mistura gasosa utilizada: desflurano vs sevoflurano com ar vs protóxido de azoto – e consideraram-se, para análise do cálculo e comparação dos consumos médios, quatro fases bem definidas do procedimento anestésico.

Concluiu-se que o Zeus<sup>®</sup> responde rapidamente a alterações da concentração definida de anestésico e é também muito rápido a atingir novamente a concentração zero ( $\approx 0$ ), no fim do procedimento anestésico. Os sistemas de controlo por *feedback* são muito precisos, permitindo uma total confiança no modo de funcionamento *uptake*/circuito fechado. O consumo de gases frescos e anestésicos, no modo de funcionamento *uptake* e independentemente da mistura gasosa escolhida, é mínimo e claramente diferente do consumo nas outras fases da anestesia. O peso dos anestésicos inalatórios, no custo total por hora da anestesia, é sempre superior a 90%, independentemente da mistura gasosa seleccionada. O custo médio, por hora, dos anestésicos inalatórios aparenta ser superior quando se utiliza a mistura oxigénio e ar do que quando se utiliza a mistura oxigénio e protóxido de azoto.

**Palavras-chave:** consumo de gases frescos e anestésicos, custo de anestésicos inalatórios, desflurano, sevoflurano; circuito fechado de anestesia, Zeus<sup>®</sup>, *software* Proto.

## Abstract

This project studies a closed circuit anesthetic ventilator, the Zeus<sup>®</sup>, (Dräger Medical, Lübeck, Germany), analyzing the consumption of fresh gases (oxygen, air and nitrous oxide) and inhaled anesthetics (desflurane and sevoflurane).

The monitoring data of thirty eight anesthetic cases, sequentially done by the same anesthesiologist, with the same equipment and using a similar anesthetic protocol, was automatically collected with specific software. The Zeus<sup>®</sup> uptake/closed circuit ventilator mode was described with some detail, highlighting its major characteristics. The data collected was grouped distinguishing the gas mixture used: desflurane vs sevoflurane with air vs nitrous oxide. After a data base with all the anesthetic cases has been created, the medium consumptions of four well defined phases of the anesthetic procedure were calculated and then compared, being excluded the induction of the general anesthesia.

It was shown that Zeus<sup>®</sup> answers rapidly to alterations of the setting concentrations of the anesthetic and is also very fast to achieve the concentration zero ( $\approx 0$ ), at the end of the anesthetic procedure. The feedback control circuits are very precise, allowing total trust of the anesthetist on the uptake mode. It was clearly shown that the consumption of fresh gases and inhaled anesthetics, in the uptake mode/closed circuit and independently of the gas mixture chosen, is minimum and clearly different from the consumption in the other phases of the anesthesia. The inhaled anesthetics correspond to more than 90% of the total gas cost, per hour, independently of the gas mixture chosen. It was also concluded that the medium cost per hour of the inhaled anesthetics is higher when the gas mixture used is oxygen and air.

**Keywords:** fresh gas and anesthetic gas consumption, cost of inhaled anesthetics, desflurane, sevoflurane; closed circuit anesthesia, Zeus<sup>®</sup>, Proto software.

# Índice

<b>Agradecimentos.....</b>	<b>iv</b>
<b>Resumo.....</b>	<b>v</b>
<b>Índice.....</b>	<b>vii</b>
<b>Índice de Figuras.....</b>	<b>ix</b>
<b>Índice de Tabelas.....</b>	<b>x</b>
<b>Notação e Glossário.....</b>	<b>xi</b>
<b>1 Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1 Enquadramento .....	1
1.2 Apresentação do projecto.....	2
1.2.1 Planeamento .....	2
1.3 Organização do relatório .....	3
<b>2 Fundamentação Teórica.....</b>	<b>4</b>
2.1 Anestesia .....	4
2.2 Prática da anestesia geral .....	5
2.2.1 Indução anestésica .....	5
2.2.2 Manutenção da anestesia.....	5
2.2.3 Acordar.....	6
2.3 Propriedades dos anestésicos inalatórios .....	6
2.3.1 Anestésicos inalatórios .....	8
2.4 Ventiladores de anestesia .....	9
2.4.1 Vaporizadores .....	9
2.4.1.1 DIVA (Direct Injection of Volatile Anaesthetics) .....	10
2.5 Sistemas de fornecimento de gases nos ventiladores de anestesia .....	11
2.6 Zeus® .....	13
2.6.1 Descrição do Esquema de Gás (10).....	14
<b>3 Metodologia .....</b>	<b>18</b>
3.1 Contexto .....	18
3.2 Metodologia .....	19
<b>4 Apresentação e discussão de resultados .....</b>	<b>21</b>

4.1.1	Fluxo e Consumo de Oxigénio .....	21
4.1.2	Fluxo e Consumo de ar / N <sub>2</sub> O .....	22
4.1.3	Consumo de Agente Anestésico .....	25
4.1.4	Precisão dos controlos por feedback.....	26
4.1.5	Tempos de reacção .....	31
4.1.6	Consumo médio de gases frescos e anestésicos .....	32
4.1.6.1	Consumo de gases frescos e anestésicos: tratamento estatístico.....	35
4.1.7	Consumo total de gases frescos e anestésicos .....	37
4.1.8	Custo médio dos gases por cirurgia .....	39
4.2	Contratempos .....	42
<b>5</b>	<b>Conclusões.....</b>	<b>43</b>
5.1	Limitações & trabalho futuro.....	45
5.2	Apreciação final .....	45
<b>6</b>	<b>Estágio como Especialista de Aplicação .....</b>	<b>47</b>
6.1	Plano de Formações .....	49
<b>7</b>	<b>Bibliografia .....</b>	<b>50</b>
<b>Anexo 1</b>	<b>Dados dos Pacientes .....</b>	<b>53</b>
<b>Anexo 2</b>	<b>Tempos de reacção do Zeus® .....</b>	<b>54</b>
<b>Anexo 3</b>	<b>Consumos de desflurano por caso anestésico .....</b>	<b>55</b>
<b>Anexo 4</b>	<b>Consumos de sevoflurano por caso anestésico .....</b>	<b>57</b>
<b>Anexo 5</b>	<b>Tratamento Estatístico - Desflurano .....</b>	<b>59</b>
<b>Anexo 6</b>	<b>Tratamento Estatístico - Sevoflurano .....</b>	<b>65</b>
<b>Anexo 7</b>	<b>Consumo Total de gases por caso anestésico.....</b>	<b>71</b>
<b>Anexo 8</b>	<b>Percentagens do consumo na Fase 2.....</b>	<b>73</b>



# Índice de Figuras<sup>1</sup>

<i>Figura 1 - DIVA.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 2 – Circuito do gás após ser doseado pelo DIVA.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 3 - Sistema de fornecimento de gases nos ventiladores de anestesia; 1) sistema aberto, 2) sistema semi-fechado, 3) sistema fechado .....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 4 – Representação do circuito ventilatório do Zeus® .....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 5 – Representação do circuito inspiratório do Zeus.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 6 – Representação do circuito expiratório.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 7 – Fluxo de oxigénio, em ml/min, durante uma anestesia.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 8 – Fluxo de oxigénio, em ml/min, durante uma anestesia.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 9 – Fluxo de protóxido de azoto, em ml/min, durante uma anestesia.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 10 – Consumo de protóxido de azoto, em L, durante uma anestesia.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 11 – Fluxo de ar, em ml/min, durante uma anestesia.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 12 – Consumo de ar, em L, durante uma anestesia.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 13 – Consumo de desflurano, em ml, durante uma anestesia.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 14 – Consumo de sevoflurano, em ml, durante uma anestesia.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 15 – Concentração definida e expirada de Desflurano, durante uma anestesia.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 16 – Concentrações inspirada e expirada de Desflurano, durante uma anestesia.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 17 – Concentração definida e expirada de Sevoflurano, durante uma anestesia.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 18 – Concentrações inspirada e expirada de Sevoflurano, durante uma anestesia.....</i>	<i>28</i>

---

<sup>1</sup> Todas as figuras apresentadas foram retiradas de documentos internos da Siemens HealthCare e da Dräger Medical.

# Índice de Tabelas

<i>Tabela 1 – Planificação de tarefas.....</i>	<i>3</i>
<i>Tabela 2 – Precisão dos controlos por feedback - desflurano.....</i>	<i>29</i>
<i>Tabela 3 – Precisão dos controlos por feedback - sevoflurano.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabela 4 – Tempos quando se utiliza a mistura desflurano + O<sub>2</sub> + ar.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabela 5 – Tempos quando se utiliza a mistura desflurano + O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>O.....</i>	<i>31</i>
<i>Tabela 6 – Tempos quando se utiliza a mistura sevoflurano + O<sub>2</sub> + ar.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 7 – Tempos quando se utiliza a mistura sevoflurano + O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>O.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabela 8 – Tabela resumo desflurano: consumo mediano de (a) protóxido de azoto vs (b) ar .....</i>	<i>33</i>
<i>Tabela 9 – Tabela resumo sevoflurano: consumo mediano de (a) protóxido de azoto vs (b) ar .....</i>	<i>34</i>
<i>Tabela 10 – Resultados do teste de Nemenyi para os gases frescos: mistura O<sub>2</sub> + ar.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabela 11 – Resultados do teste de Nemenyi para os gases frescos: mistura O<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>O.....</i>	<i>36</i>
<i>Tabela 12 – Consumo mediano total do grupo do desflurano: (a) protóxido de azoto vs (b) ar .....</i>	<i>37</i>
<i>Tabela 13 – Consumo mediano total do grupo do sevoflurano: (a) protóxido de azoto vs (b) ar .....</i>	<i>38</i>
<i>Tabela 14 – Custo dos halogenados.....</i>	<i>39</i>
<i>Tabela 15 – Custo por hora de Desflurano, na mistura O<sub>2</sub> + ar.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabela 16 – Custo por hora de Desflurano, na mistura O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>O.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabela 17 – Custo por hora de Sevoflurano, na mistura O<sub>2</sub> + ar.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabela 18 – Custo por hora de Sevoflurano, na mistura O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>O.....</i>	<i>41</i>

## Notação e Glossário

<b>AC</b>	Modo de Controlo Automático
<b>CO<sub>2</sub></b>	Dióxido de Carbono
<b>DIVA</b>	<i>Direct Injection of Volatile Anaesthetics</i>
<b>ECG</b>	Electrocardiograma
<b>F1</b>	Fase 1 do procedimento anestésico
<b>F2</b>	Fase 2 do procedimento anestésico
<b>F3</b>	Fase 3 do procedimento anestésico
<b>F4</b>	Fase 4 do procedimento anestésico
<b>FGC</b>	Modo de Controlo de Gás Fresco
<b>FGF</b>	Fluxo de Gás Fresco
<b>N<sub>2</sub>O</b>	Protóxido de Azoto
<b>O<sub>2</sub></b>	Oxigénio
<b>PEEP</b>	<i>Positive end-expiratory pressure</i>
<b>SpO<sub>2</sub></b>	Saturação de Oxigénio no sangue
<b>SNA</b>	Sistema Nervoso Autónomo
<b>SNC</b>	Sistema Nervoso Central
<b>SNS</b>	Serviço Nacional de Saúde
<b>TCA</b>	<i>Target Controlled Anaesthesia</i>
<b>TCI</b>	<i>Target Controlled Infusion</i>
<b>TIVA</b>	<i>Total Intravenous Anaesthesia</i>

# 1 Introdução

## 1.1 Enquadramento

A necessidade de optimização da gestão dos fundos disponíveis nas unidades hospitalares, originada pela escassez de recursos, tem pressionado todos os intervenientes para uma cultura de poupança, tentando-se arranjar soluções para a diminuição dos gastos em saúde. No caso das anestésias, existe uma potencial fonte de poupança, pois uma parte significativa dos gases frescos e anestésicos usados é desperdiçada quando se usa um sistema aberto ou semi-fechado. (1) Uma solução para reduzir a quantidade de gás desperdiçada é a utilização do circuito fechado.

A utilização de ventiladores de anestesia a funcionar em circuito fechado tem como princípio de funcionamento o reaproveitamento da quase totalidade dos gases, o que traz como vantagem a diminuição do consumo de gases. No entanto, o funcionamento em circuito fechado sempre levantou algumas preocupações, nomeadamente o risco de hipoventilação devido a fugas e o facto de não se saber exactamente a composição da mistura de gás que chegava ao doente – para além dos efeitos eventualmente tóxicos, de produtos acumulados no circuito anestésico. O Zeus<sup>®</sup> veio resolver em parte estas questões, uma vez que dispõe de um sistema de compensação de fugas e um preciso controlo das concentrações inspiratórias e expiratórias de todos os gases envolvidos, como se explicará. Quanto a outros produtos eventualmente tóxicos, a preocupação recente da prática clínica tem sido o facto de se saber que a degradação de sevoflurano origina a produção do conhecido composto “A” e de monóxido de carbono.

A sua acumulação no sistema ventilatório tem levantado algumas questões, principalmente quando se trata de sistemas a funcionar com fluxos muito baixos ou em circuitos fechados. Contudo, ao contrário do que se verifica em outras espécies animais, a utilização do circuito fechado não tem representado um problema objectivo para a anestesia no homem – tanto quanto é do conhecimento científico actual. (2) De qualquer modo, começam a surgir novos absorvedores de CO<sub>2</sub> (compostos químicos em estado sólido, que reagem com a mistura gasosa de modo a remover o CO<sub>2</sub>) cujos constituintes já não reagem com o composto A, diminuindo a

sua acumulação e garantindo assim a segurança do paciente aquando do funcionamento em circuito fechado. (3)

## 1.2 Apresentação do projecto

Com este projecto pretende-se estudar genericamente o perfil de consumos de gases de um ventilador de anestesia a funcionar em circuito fechado, o Zeus<sup>®</sup>, e saber qual a sua mais-valia a nível da poupança de gases frescos (oxigénio e ar/protóxido de azoto) e anestésicos (desflurano e sevoflurano). Para tal, vai ser estudado o funcionamento em circuito fechado – modo *uptake* – e medido o consumo dos gases em diferentes fases da anestesia. Em resumo, pretende-se descrever a evolução temporal dos fluxos e consumos dos gases frescos e anestésicos, calcular os consumos médios dos gases durante a anestesia e calcular o respectivo custo.

O que se espera concluir com este projecto é que o funcionamento em circuito fechado – modo *uptake* – corresponde a uma poupança significativa de gases frescos e anestésicos.

Além desta motivação, este estudo é importante dado que ainda não foi feito nenhum estudo com a mesma finalidade, em nenhum país onde é comercializado o Zeus<sup>®</sup>.

### 1.2.1 Planeamento

Este projecto pode ser dividido em três fases fundamentais: a formação em equipamentos de anestesia (nomeadamente gama Fabius, Primus e Zeus<sup>®</sup>, da Dräger Medical), a fundamentação teórica do projecto e a recolha e tratamento dos dados dos consumos do Zeus<sup>®</sup>. A primeira fase foi principalmente desenvolvida no primeiro semestre e a segunda (fundamentação teórica) foi desenvolvida no primeiro trimestre do segundo semestre. A tarefa “recolha dos consumos do Zeus<sup>®</sup>” e seguintes não foram realizadas dentro do prazo previsto, devido a atrasos relacionados com as tentativas de arranjar soluções para uma recolha automática dos dados dos consumos do Zeus<sup>®</sup>.

Tabela 1 – Planificação de tarefas

<b>Tarefa</b>	<b>Início</b>	<b>Término</b>
Recolha de informação (documentos científicos e livros técnicos);	17-1-2008	18-1-2008
Seleccção do material recolhido; Fundamentação teórica do projecto	07-1-2008	22-2-2008
Fundamentação teórica do projecto	10-3-2008	20-3-2008
Recolha dos consumos do Zeus, Hospital da Arrábida	25-3-2008	11-4-2008
Tratamento e estudo dos dados recolhidos	14-4-2008	30-5-2008
Redacção final da tese	2-6-2008	25-6-2008
Estágio como Especialista de Aplicação	Setembro	Julho

### 1.3 Organização do relatório

No primeiro capítulo deste relatório destaca-se a motivação para a realização deste trabalho, bem como o seu enquadramento.

No segundo capítulo são dadas noções básicas do procedimento anestésico, dos ventiladores de anestesia e é descrito com algum detalhe o funcionamento do circuito fechado do Zeus®.

O terceiro capítulo pretende contextualizar a recolha dos dados do Zeus®, descrevendo em pormenor o que é pretendido. É também descrita a metodologia utilizada para recolher e tratar os dados dos consumos do Zeus®.

O quarto capítulo corresponde à apresentação e discussão dos resultados obtidos.

No quinto capítulo são apresentadas as conclusões deste projecto e o trabalho com interesse a desenvolver no futuro.

No sexto capítulo é descrito o estágio que realizei, na Siemens HealthCare, paralelamente à realização deste estudo.

## 2 Fundamentação Teórica

### 2.1 Anestesia

A palavra anestesia significa “privação completa ou redução da sensibilidade de um organismo”. (4) Refere-se à supressão de todos os tipos de sensibilidade periférica (ao tacto, à dor e à temperatura). Não há concordância sobre a sua definição, mas pode-se dizer que o objectivo da anestesia é permitir que se realizem intervenções cirúrgicas sem que o paciente reaja a estímulos dolorosos (imobilidade) e não tenha noção ao que está a ser submetido (amnésia). (5)

A anestesia pode ser atingida de três maneiras: por anestesia local, por anestesia loco-regional e por anestesia geral.

A anestesia local e a anestesia loco-regional utilizam-se quando apenas se pretende anestésias uma zona limitada. Isto é conseguido através da utilização de anestésicos locais (fármacos) que se aplicam nas proximidades das estruturas nervosas para conseguir ali um bloqueio selectivo da geração e da condução do estímulo nervoso. (4) Neste tipo de anestesia, o nível de consciência e de respiração espontânea estão preservados.

A anestesia geral é utilizada quando se pretende induzir no paciente um conjunto de estados que incluem: amnésia (perda completa da memória), hipnose (perda de consciência), imobilidade, relaxamento muscular e uma atenuação das respostas do sistema nervoso autónomo (SNA) a estímulos dolorosos (analgésia). (6) Para tal, os fármacos utilizados para induzir a anestesia geral afectam principalmente, e de forma reversível, o sistema nervoso central (SNC).

Dentro da anestesia geral podemos ainda destacar três tipos de procedimentos:

- Anestesia inalatória
- Anestesia intravenosa
- Anestesia balanceada

Estas distinguem-se dependendo do tipo de fármacos envolvidos e, principalmente, a sua forma de administração.

No caso da anestesia inalatória, os fármacos são absorvidos, e em grande parte também eliminados, pelos pulmões. Na anestesia intravenosa os fármacos são administrados unicamente por essa via.

Por anestesia balanceada entende-se qualquer combinação de anestésicos inalatórios com anestésicos intravenosos. O objectivo é o aproveitamento óptimo das vantagens de cada forma de aplicação.

Normalmente, a qualquer um destes tipos de anestesia geral e nomeadamente quando se utilizam relaxantes musculares (que afectam também a musculatura respiratória, impedindo o paciente de respirar espontaneamente), pode estar associada a necessidade de um suporte mecânico de ventilação.

A percentagem de utilização de anestesia geral no contexto do tratamento cirúrgico continua a ser elevada, pelo que se justifica claramente o estudo do consumo e análise de custos, neste processo relativo a cuidados de saúde.

## **2.2 Prática da anestesia geral**

Podemos distinguir três fases da anestesia geral:

- Indução anestésica
- Manutenção da anestesia
- Recobro anestésico

### **2.2.1 Indução anestésica**

Na indução anestésica podem ser administrados hipnóticos, opióides e relaxantes musculares por via intravenosa.

Neste estudo e na fase da indução, para efeito do consumo de gases, apenas tem que se considerar o oxigénio, correspondente à pré-oxigenação (antes de se proceder à intubação), pois a indução anestésica será sempre intravenosa.

### **2.2.2 Manutenção da anestesia**

A manutenção da anestesia geral corresponde à fase após a indução, na qual o paciente já está em condições óptimas para que se proceda à cirurgia.



Esta pode ser através da utilização de máscara facial, de máscara laríngea ou por intubação traqueal. As duas primeiras são mais utilizadas em cirurgias breves; a anestesia geral por intubação traqueal é o melhor método quando se pretende assegurar artificialmente a via aérea e garantir uma oxigenação e ventilação adequadas, nomeadamente em cirurgias longas ou quando o acesso à cabeça do paciente está dificultado.

Para uma correcta manutenção da anestesia é fundamental que se monitorize continuamente o paciente, por forma a assegurar não só a necessária profundidade anestésica, mas também a adequada estabilidade do paciente.

A nível de consumos gasosos, podemos destacar duas fases: uma fase inicial de fluxo de gás elevado e uma fase posterior de fluxo de gás mínimo. A fase de fluxo elevado serve para que se atinjam rapidamente as concentrações de halogenado no ar expirado pelo paciente. Depois de atingidas as concentrações desejadas, passa-se para uma fase em que o fluxo de gás corresponde exactamente ao gás que é consumido pelo paciente. É nesta fase que o sistema está a funcionar em circuito fechado.

### **2.2.3 Acordar**

A fase de acordar da anestesia geral caracteriza-se pelo desaparecimento da hipnose e do relaxamento muscular, assim como pela recuperação da actividade reflexa. A persistência da analgesia é um efeito desejável na fase pós-operatória imediata e ajuda a que o paciente recupere com pouca ou mesmo nenhuma dor.

A eliminação (pulmonar) dos anestésicos inalatórios acelera-se mediante o incremento da ventilação.

Nesta fase os vaporizadores já foram desligados e, portanto, a nível de consumos gasosos, apenas tem interesse o consumo de oxigénio e ar.

## **2.3 Propriedades dos anestésicos inalatórios**

No grupo dos anestésicos inalatórios podem-se incluir os líquidos voláteis (de destacar o sevoflurano e o desflurano) e os gases adjuvantes (protóxido de azoto).

Os anestésicos inalatórios, também denominados apenas de halogenados, administram-se por via pulmonar, difundem-se para o sangue e, uma vez diluídos, alcançam as suas zonas de actuação a nível do SNC através da circulação

sanguínea, sendo eliminados posteriormente, na sua maior parte, outra vez por via pulmonar. (4)

A potência anestésica dos gases é dada pela MAC (*minimum alveolar concentration*) – concentração mínima alveolar. Esta pode ser definida como a concentração mínima de anestésicos no ar alveolar que produz imobilidade em 50% dos doentes expostos a estímulos dolorosos (por exemplo à incisão cirúrgica). (7) A MAC é, portanto, usada para comparar os diferentes anestésicos voláteis e a respectiva eficácia. Factores como a duração da anestesia geral, o tamanho e peso do paciente não influenciam o valor da MAC, mas a idade e a temperatura corporal podem influenciar.

A utilização de adjuvantes como o protóxido de azoto também influencia a MAC, pois estes fazem baixar o seu valor, ou seja, fazem com que se atinja a MAC utilizando menos quantidade de agentes anestésicos.

Além das características no decorrer da anestesia (rapidez de início e fim do efeito, a suavidade da indução e do recobro e o baixo risco de acidentes anestésicos), também têm importância os parâmetros que advêm do sistema cardio-respiratório (concentração e ventilação alveolar, débito cardíaco e perfusão cerebral) pois estes influenciam a absorção, distribuição e eliminação dos anestésicos inalatórios. (4)

A solubilidade dos gases anestésicos pode ser definida como a “afinidade relativa dos anestésicos inalatórios em duas fases, no equilíbrio”, correspondendo o equilíbrio ao instante em que a pressão parcial do anestésico é igual nas duas fases.<sup>2</sup> (7) A afinidade dos gases anestésicos é dada pelo coeficiente de partição. O coeficiente de partição sangue/gás do desflurano é 0,45 e do sevoflurano é 0,65, sendo a solubilidade do sevoflurano dupla da solubilidade do desflurano. Agentes com solubilidades mais baixas respondem mais rapidamente a alterações das concentrações alveolares (aumentos e diminuições das concentrações). Assim, solubilidades mais baixas correspondem a uma recuperação da anestesia mais rápida. (7)

---

<sup>2</sup> Lei de Henry: A temperatura constante, a concentração de um gás dissolvido num líquido é directamente proporcional à pressão parcial do gás na superfície do líquido.

### 2.3.1 Anestésicos inalatórios

Existem vários anestésicos voláteis que podem ser usados para a indução e manutenção da anestesia geral. Apenas são referidos o desflurano e o sevoflurano, pois são os que vão ser utilizados neste estudo.

O desflurano ( $\text{CHF}_2\text{-O-CHF-CF}_3$ ) apresenta como grande vantagem a rápida recuperação da anestesia. Isto deve-se à sua muito baixa solubilidade em sangue e tecidos. Tem uma grande resistência à degradação, não sendo degradado metabolicamente. A sua potência anestésica é suficientemente boa, tendo uma MAC de  $0,06 \mu\text{g/ml}$ .<sup>3</sup> O desflurano pode ser irritante no doente acordado, provocando tosse, salivação e espasmos das vias aéreas; no entanto, estes efeitos irritantes podem ser diminuídos com a administração de opióides.

O sevoflurano ( $\text{CH}_2\text{F-O-CH(CF}_3)_2$ ), ao não provocar irritação da mucosa, e por ter um odor agradável e efeito rápido, é considerado um fármaco interessante para a utilização na indução inalatória da anestesia. É mais potente que o desflurano, tendo uma MAC de  $0,0185 \mu\text{g/ml}$ , sendo por isso mais rápido a induzir a anestesia inalatória. É também relativamente rápido no fim do efeito, embora mais lento que o desflurano.

O sevoflurano apresenta alguma degradação, ao reagir com os absorventes de  $\text{CO}_2$ . Os efeitos da acumulação do composto “A”, um dos produtos da reacção, têm sido alvo de estudo devido à sua eventual toxicidade, já verificada em ratos. No entanto, não existe evidência de que a acumulação de composto “A”, em circuito fechado, seja tóxica para o homem. (2)

A solubilidade do sevoflurano é dupla da do desflurano, o que quer dizer que a taxa da diminuição da concentração alveolar é superior para o desflurano, quando comparada com o sevoflurano. Isto faz com que o desflurano seja mais rápido a terminar os seus efeitos do que o sevoflurano. (7)

O protóxido de azoto ( $\text{N}_2\text{O}$ ) apresenta uma MAC de  $1,05 \mu\text{g/ml}$ , sendo insuficiente como fármaco principal mas muito útil como adjuvante. A rapidez de início e fim de efeito são notáveis e é eliminado quase inteiramente pelos pulmões, na sua forma intacta.

---

<sup>3</sup> Valores da MAC para adultos entre os 30 e os 60 anos.

## **2.4 Ventiladores de anestesia**

Para fornecer todos os componentes necessários à prática da anestesia, são necessários os ventiladores de anestesia. Estes são estações bastante complexas, a partir das quais se pode induzir, manter e acordar de uma anestesia, bem como monitorizar continuamente o paciente.

Os objectivos fundamentais do ventilador de anestesia são os de assegurar a funcionalidade pulmonar, entregar os fármacos e gases e monitorizar continuamente o paciente.

Os componentes essenciais são: as fontes de gases frescos, a unidade doseadora dos halogenados (sistema de vaporização), o circuito anestésico propriamente dito (com os diferentes módulos de ventilação), o absorvente de CO<sub>2</sub>, o sistema de eliminação por aspiração de gases (sistema de exaustão), assim como o balão e as traqueias de ventilação, além de outros acessórios. (4)

Os gases frescos (ar, O<sub>2</sub> e N<sub>2</sub>O) são fornecidos ao ventilador, normalmente, através das rampas de fornecimento de gases das unidades hospitalares.

### **2.4.1 Vaporizadores**

A mistura que chega ao paciente é composta pelo oxigénio, pelo gás transportador (ar ou N<sub>2</sub>O) e pelo anestésico volátil. Para que o anestésico volátil, inicialmente em estado líquido, se junte ao gás transportador, são necessários os vaporizadores – componente do ventilador de anestesia que entrega os agentes anestésicos ao paciente, em concentrações definidas pelo anestesiológista.

Para que o Zeus<sup>®</sup> pudesse funcionar em circuito fechado, uma das coisas que teve que sofrer alterações foram os vaporizadores. Os vaporizadores convencionais, depois de converterem o agente anestésico líquido em vapor, enviam-no para o circuito, misturando-o internamente com o gás fresco. Os vaporizadores do Zeus<sup>®</sup> funcionam de maneira diferente, podendo ter dois modos diferentes de fornecimento de anestésicos.

### 2.4.1.1 DIVA (*Direct Injection of Volatile Anaesthetics*)

Os vaporizadores do Zeus® são denominados por DIVA – Injecção Directa de Anestésicos Voláteis – e estão disponíveis para desflurano, sevoflurano e isoflurano.

Estes vaporizadores distinguem-se dos vaporizadores tradicionais, pois com estes é possível saber exactamente a quantidade de anestésico que é fornecida ao paciente (através de um doseamento electrónico do agente anestésico) e o vapor saturado pode ser entregue directamente ao sistema respiratório.

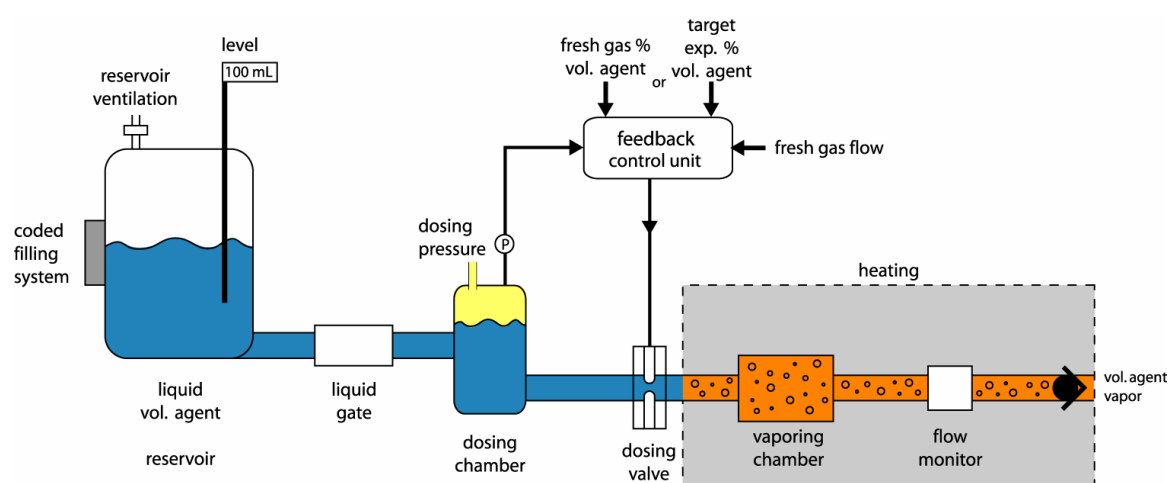


Figura 1 - DIVA

A unidade doseadora DIVA armazena uma certa quantidade de líquido anestésico. O anestésico volátil seleccionado é injectado na câmara aquecida do vaporizador (*vaporizing chamber*) usando uma válvula de injeção digital (*dosing valve*). O vapor anestésico resultante é entregue ao sistema respiratório pela unidade doseadora, através de um tubo aquecido. (Figura 1)

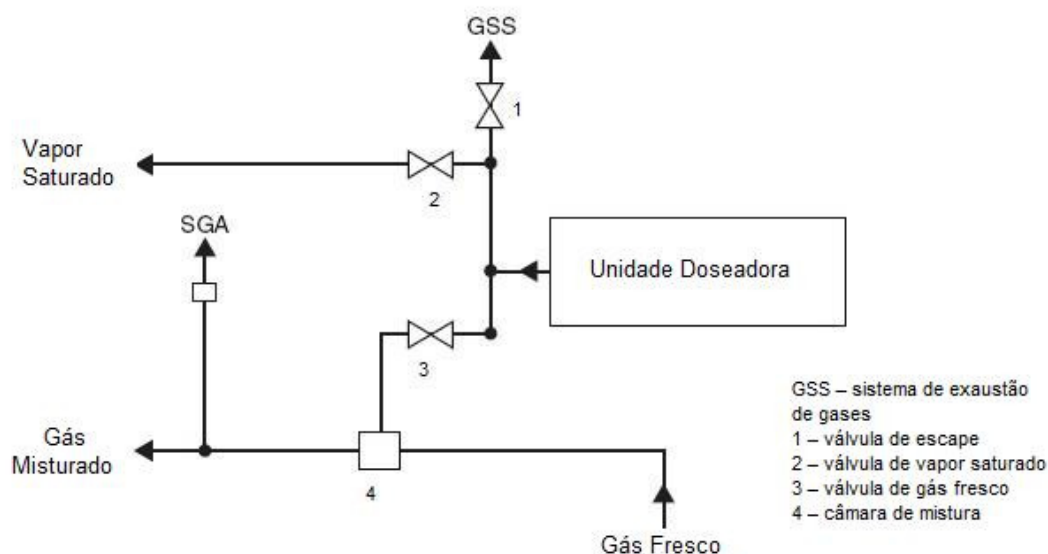


Figura 2 – Circuito do gás após ser doseado pelo DIVA

Dependendo do modo de controlo do ventilador, a unidade doseadora injecta o vapor saturado do agente directamente no sistema respiratório (modo **controlo automático** (AC) – válvula 2) ou mistura-o antes com o gás fresco (modo **controlo de gás fresco** (FGC) – válvula 3). (Figura 2)

A dosagem de anestésicos é efectuada independentemente do gás transportador, sendo esta uma das características que permite o funcionamento em circuito fechado, pois só assim pode ser entregue ao sistema respiratório vapor anestésico suficiente para atingir e manter as concentrações desejadas.

## 2.5 Sistemas de fornecimento de gases nos ventiladores de anestesia

Os sistemas de fornecimento de gases anestésicos têm sido classificados, de acordo com a percentagem de gás que é reaproveitada, em: sistemas abertos, semi-fechados e fechados. No caso dos sistemas abertos, todo o gás que é enviado para o paciente, depois de expirado, é enviado para o sistema de exaustão de gases, não se aproveitando nenhum gás. Os sistemas semi-fechados reaproveitam algum do gás expirado pelo paciente, fazendo-o entrar novamente no circuito. Antes de ser novamente inspirado, essa mistura tem que passar por um recipiente que

contém cal sodada – absorvente – de modo a remover o  $\text{CO}_2$  existente. Finalmente, e atendendo à sua definição, um sistema é considerado fechado quando o fluxo de gás fresco é reduzido exactamente à quantidade que é consumida pelo paciente (8), ou seja, quando o gás expirado é todo reaproveitado, juntando-se a esse apenas a quantidade de gás que foi consumida pelo paciente.

Os ventiladores de anestesia mais usados actualmente, nas unidades hospitalares nacionais, são ventiladores que funcionam em circuito semi-fechado. Alguns deles conseguem reaproveitar até 60% do gás expirado, o que já representa uma grande poupança de gases anestésicos.

Os sistemas fechados de anestesia já têm sido descritos há algumas décadas, mas nunca tiveram grande popularidade entre a comunidade médica, principalmente porque esta não podia confiar nos sistemas de controlo da composição da mistura que chegava ao paciente. Para resolver esse problema, era necessário criar sistemas de dosagem controlados electronicamente, analisadores de gases e algoritmos de controlo por *feedback*, pois só assim se saberia ao certo as concentrações dos vários componentes da mistura de gás inspirada.

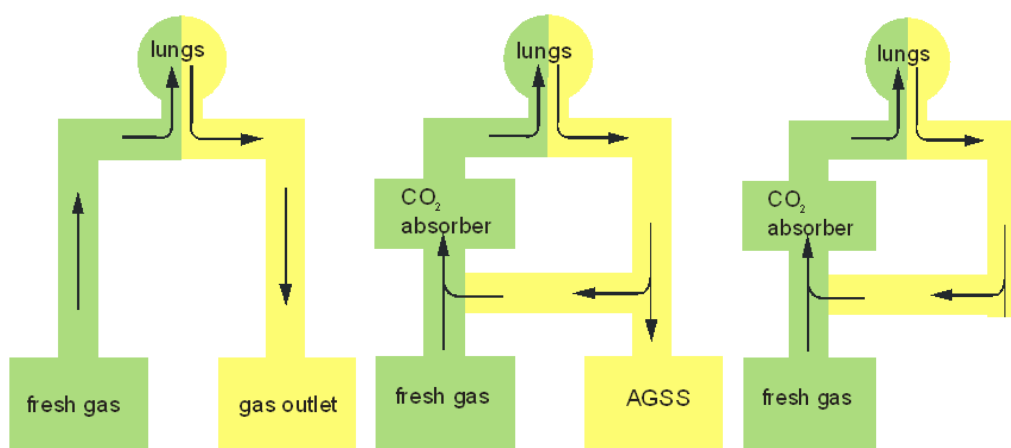


Figura 3 - Sistema de fornecimento de gases nos ventiladores de anestesia; 1) sistema aberto, 2) sistema semi-fechado, 3) sistema fechado

O primeiro ventilador de anestesia a ser comercializado, que permitia anestesia em circuito virtualmente fechado, do início ao fim do procedimento, foi o PhysioFlex® (Dräger Medical, Lubeck, Alemanha). Este já controlava automaticamente as concentrações de oxigénio, protóxido de azoto, ar e agentes anestésicos. Não eram necessárias válvulas no circuito devido à existência de uma

ventoinha que produzia um fluxo de gás unidireccional, de cerca de 70 L/min. Apesar destas características e de ter sido considerado por alguns autores como seguro e conveniente para utilização clínica (8), não teve a melhor aceitação por parte dos anestesiológicos e foi tirado do mercado.

Actualmente, o único ventilador de anestesia a ser comercializado e com boa aceitação é o Zeus<sup>®</sup> (Dräger Medical, Lubeck, Alemanha).

O funcionamento em circuito fechado traz grandes vantagens à prática da anestesia, podendo-se destacar a significativa redução dos consumos de agentes halogenados e consequente redução dos custos envolvidos no procedimento anestésico, a diminuição da contribuição para a poluição ambiental e a diminuição da poluição dentro do bloco operatório.

## 2.6 Zeus<sup>®</sup>

O Zeus<sup>®</sup> é uma abrangente plataforma de anestesia, que faz parte do portfólio da Dräger Medical.

Permite o fornecimento manual de gás fresco e a administração automática de gases frescos e agentes voláteis, de modo a tornar possível a *Target Controlled Anesthesia* (TCA). A anestesia totalmente intravenosa também é possível, estando o Zeus<sup>®</sup> adaptado e equipado para tudo desde anestesia balanceada até *Total Intravenous Anesthesia* (TIVA – Anestesia intravenosa total) e *Target Controlled Infusion* (TCI).

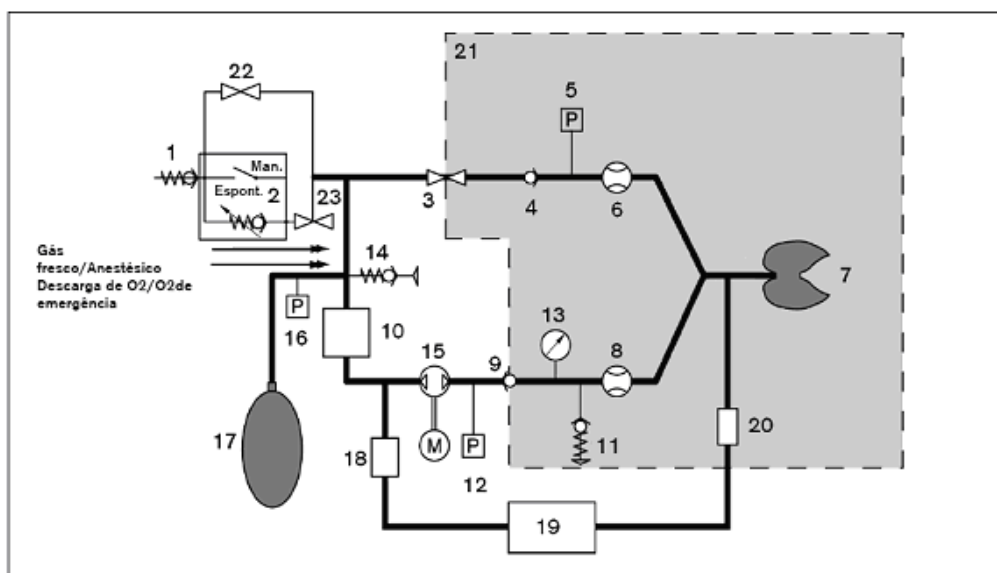
Uma característica a destacar é a turbina *TurboVent*. Esta permite a respiração espontânea em todos os modos ventilatórios e fluxo inspiratório ilimitado, sendo também adequada a todas as formas de ventilação conhecidas. Outra característica inovadora é o DIVA, já anteriormente descrito.

O que permite a realização da ventilação em circuito fechado e o que permite que os profissionais clínicos confiem no Zeus<sup>®</sup>, são os circuitos precisos de regulação de gases, controlados por *feedback* através de sensores e válvulas presentes em todo o circuito ventilatório.



## 2.6.1 Descrição do Esquema de Gás (10)

A figura seguinte mostra uma representação esquemática do circuito ventilatório do Zeus®.



- |  |  |
|--|--|
| 1 Válvula unidireccional para o sistema de exaustão de gases anestésicos | 12 Sensor de pressão de Inspiração         |
| 2 Válvula APL  | 13 Indicação de pressão                    |
| 3 Válvula PEEP/ $P_{MAX}$  | 14 Válvula de ar auxiliar                  |
| 4 Válvula unidireccional de Expiração                                    | 15 Ventilador                              |
| 5 Sensor de pressão das vias aéreas                                      | 16 Sensor de pressão do balão respiratório |
| 6 Sensor de Fluxo da Expiração   | 17 Balão respiratório                      |
| 7 Pulmão do paciente   | 18 Filtro microbiano                       |
| 8 Sensor de Fluxo da Inspiração  | 19 Análise de gás                          |
| 9 Válvula unidireccional de Inspiração                                   | 20 Colector de água                        |
| 10 Absorvedor de dióxido de carbono                                      | 21 Área externa para o teste de fugas      |
| 11 Válvula de segurança no sistema de ventilação (sobrepessão)           | 22 Válvula de sistema circular fechado     |
|  | 23 Válvula de comutação man./espont.       |

*Figura 4 – Representação do circuito ventilatório do Zeus®*

A turbina, que é controlada electronicamente e se localiza no ramo inspiratório, permite atingir a pressão respiratória e entregar ao paciente o fluxo correspondente, durante o tempo inspiratório; permite também entregar o fluxo necessário para misturar os gases no sistema respiratório, independentemente do esforço inspiratório do paciente.

Na inspiração, o gás sai do balão respiratório, passa pelo absorvedor (para que o CO<sub>2</sub> seja removido), pela válvula unidireccional e pelo sensor de fluxo inspiratórios, até ser entregue aos pulmões do paciente. (Figura 5)

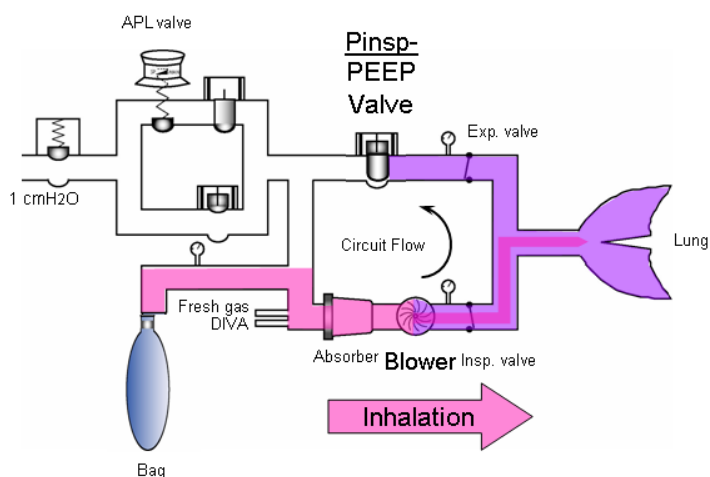


Figura 5 – Representação do circuito inspiratório do Zeus

Na expiração, o gás passa pelo sensor de fluxo e válvula unidireccional expiratórios e é levado até ao balão manual, que é usado como reservatório de gás do ventilador. Os agentes anestésicos são directamente injectados no circuito, pelos DIVA, independentemente do gás transportador. (Figura 6)

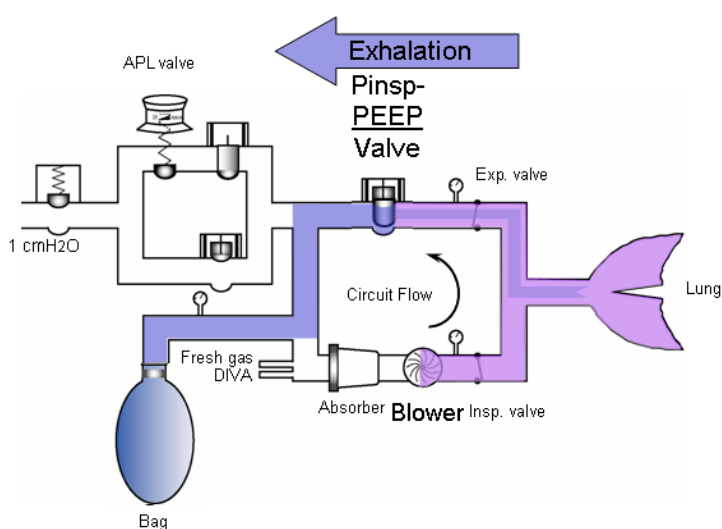


Figura 6 – Representação do circuito expiratório

É possível utilizar o Zeus® em funcionamento automático (modo de dosagem Automático) ou como sistema semi-fechado normal (modo de dosagem Gás Fresco).

No modo de **Gás Fresco**, os valores das concentrações gasosas são definidos pelo anestesiológista. No modo **Automático**, o conteúdo de anestésico expiratório e o conteúdo de oxigénio inspiratório no balão reservatório são medidos, comparados e reajustados para o valor correcto. Neste modo o fluxo de gás fresco é seleccionado automaticamente pelo ventilador. Os valores que têm que ser definidos pelo anestesiológista são a concentração inspiratória de O<sub>2</sub>, o fluxo de gás fresco mínimo e a concentração máxima de agente anestésico. O modo **Uptake** é semelhante ao modo Automático mas corresponde ao funcionamento em circuito fechado. Neste modo, as possíveis fugas e o consumo pelo paciente são compensados automaticamente. O sistema opera a um fluxo de gás fresco mínimo mas, caso necessário, o fluxo pode ser aumentado para remover o anestésico rapidamente. Para funcionar neste modo, apenas tem que se seleccionar o modo *uptake* e ajustar os mesmos parâmetros que se ajustam no modo Automático, excepto o fluxo de gás mínimo.

Em ambos os modos de funcionamento é regulada a concentração de gás no sistema de ventilação (circuito de regulação de O<sub>2</sub> inspiratório) ou a concentração de gás expirada pelo paciente (circuito de regulação de gás anestésico – *Anes.* – expiratório). Estes dois circuitos de controlo por *feedback* são muito importantes pois, o primeiro – regulação de O<sub>2</sub> inspiratório – garante a distribuição de oxigénio necessária e o segundo – regulação de anestésico expiratório – garante um nível de sono suficientemente profundo do paciente, condições necessárias para o correcto decorrer da anestesia e cirurgia. Assim, os valores de ajuste são a concentração inspiratória de oxigénio e a concentração expiratória de anestésicos.

Para o correcto funcionamento dos sistemas de controlo por *feedback*, tem que se começar por introduzir, no Zeus®, a altura, sexo e idade do paciente. Em ambos os circuitos (regulação de oxigénio e halogenado) são medidas as concentrações inspiratórias, na peça em Y e dentro do sistema ventilatório, e as concentrações expiratórias, na peça em Y. Essas concentrações medidas são então comparadas com as concentrações definidas pelo anestesiológista, sendo instantaneamente reajustadas.

Por razões de segurança, a concentração de oxigénio nunca é inferior a 21 vol. % e o fluxo de halogenado está limitado por um máximo. Caso se verifique que a concentração de halogenado é superior ao definido pelo anestesiológista, o fluxo

de gás fresco aumenta de modo a limpar o excesso de halogenado no sistema ventilatório.

Além destes dois sistemas de controlo por *feedback*, há também um controlador de volume. Este controlador baseia-se na pressão do balão respiratório no fim de cada expiração. O fluxo de gás fresco que é entregue ao sistema é tal que a pressão no balão respiratório, no fim de cada expiração, tem que se manter constante a 1 mbar. (10) Por causa deste controlador, é importante que o balão respiratório utilizado no Zeus<sup>®</sup> seja o da Dräger Medical, de modo a garantir uma correcta monitorização da pressão.

## 3 Metodologia

### 3.1 Contexto

Após obtenção da autorização da comissão de ética local (Hospital da Arrábida, SA) foram incluídos todos os casos anestesiados sequencialmente para várias intervenções cirúrgicas, no período entre 8 de Maio e 21 de Julho de 2008.

Os casos anestésicos registam procedimentos realizados na mesma sala do bloco operatório, pelo mesmo profissional, com o mesmo ventilador de anestesia e a trabalhar no mesmo modo de funcionamento – modo *uptake*/circuito fechado. Dos dados obtidos apenas se consideram os casos em que se usou desflurano ou sevoflurano como agente anestésico. Foram excluídos os casos anestésicos em que ocorreu mistura dos dois agentes.

Definiu-se um tamanho da amostra igual a 20 casos para cada grupo (com sevoflurano ou desflurano), estratificando-se para a utilização de ar e de protóxido de azoto; todas as anestесias foram gerais balanceadas, respeitando no essencial um protocolo idêntico: indução com Propofol + Fentanil, manutenção com Fentanil + ( $O_2$  + ar/ $N_2O$ ) + (sevoflurano/desflurano), e bloqueio neuromuscular com Vecurónio.<sup>4</sup>

De toda a duração do procedimento anestésico, pretende-se apenas estudar um intervalo, que se vai dividir em quatro fases bem delimitadas:

Fase 1 (F1) - desde o início da ventilação controlada até à concentração de halogenado expirada ser definida pelo anestesiológista;

Fase 2 (F2) - desde o instante em que é definida a concentração de halogenado até se atingir o equilíbrio, ou seja, até a concentração de halogenado expirada pelo paciente igualar a concentração definida pelo anestesiológista;

Fase 3 (F3) - a partir do instante em que se atingiu o equilíbrio até à concentração definida de halogenado ser posta a zero;

---

<sup>4</sup> Grupo fármaco-terapêutico do Propofol: Hipnótico; Grupo fármaco-terapêutico do Fentanil: Analgésico Opiáceo; Grupo fármaco-terapêutico do Vecurónio: Relaxante Muscular.

Fase 4 (F4) - desde o instante em que se coloca a concentração de halogenado a zero até essa concentração ser atingida.

Uma vez que o objectivo é o estudo dos períodos com consumo de agentes anestésicos, excluiu-se a fase inicial (preparação do paciente e indução), pois é um período condicionado por vários aspectos externos ao funcionamento do ventilador de anestesia, como por exemplo a preparação do bloco operatório (mesas dos enfermeiros instrumentistas, mesas dos enfermeiros que apoiam a anestesia), a preparação do paciente e dos cirurgiões. Esta divisão garante, também, o mesmo critério de estudo para todos os casos anestesiados.

Embora não se quantifiquem os dados da fase inicial do procedimento anestésico, pretende-se descrever a evolução dos fluxos e consumos de oxigénio, gás transportador e halogenados, ao longo de toda a anestesia.

## 3.2 Metodologia

Para a recolha de dados do Zeus<sup>®</sup> foi utilizado o *software* Proto (versão 1.4.0.0), da Dräger Medical. Este *software* permite a recolha em tempo real de praticamente todas as variáveis do Zeus<sup>®</sup>. Para tal, apenas tem que se estabelecer uma ligação de um computador portátil à porta RS 232 do Zeus<sup>®</sup>.

A base de dados gerada pela aplicação produz um conjunto de registos, nos quais cada um tem o seguinte conjunto de parâmetros: Consumo de gases (Consumos cumulativos de oxigénio, de ar, de N<sub>2</sub>O, de desflurano e de sevoflurano), Ventilação (Resistência, *compliance*, frequência respiratória imposta, frequência respiratória espontânea, volume-minuto, pressão de pico, pressão média, pressão de *plateau*, volume corrente, fluxos de O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O e ar) e Monitorização (ritmo cardíaco, spO<sub>2</sub>; Pressões invasivas e pressões não-invasivas; Concentrações inspiratória e expiratória de CO<sub>2</sub> e O<sub>2</sub>; concentrações definida, inspiratória e expiratória de desflurano e sevoflurano).

De todos os parâmetros recolhidos apenas se pretende considerar os consumos cumulativos de O<sub>2</sub>, ar, N<sub>2</sub>O, desflurano e sevoflurano, as concentrações definida, expirada e inspirada de desflurano e sevoflurano e os fluxos de O<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>O e ar.

A amostragem dos dados será de 10 em 10 segundos. Esta frequência de amostragem garante que se adquiram todas as variações dos vários parâmetros monitorizados, não se perdendo informação entre registos.

As características da amostra estudada (sexo, idade e peso) e durações<sup>5</sup> dos procedimentos anestésicos constam da tabela do Anexo 1. O início dos registos em cada caso correspondeu à entrada do paciente na sala do bloco operatório, e o fim à saída do paciente da mesma.

Para ser possível a visualização dos dados de cada caso, teve que se importar o ficheiro criado para cada cirurgia (ficheiro tipo .pro), para uma folha de cálculo, por forma a facilitar o posterior processamento dos dados. Esta importação não alterou o conteúdo dos ficheiros, correspondendo estes exactamente aos registos que foram sendo retirados, através da observação do monitor do Zeus<sup>®</sup>, durante a anestesia.

Para análise das diferenças dos consumos entre cada uma das fases atrás definida, recorreu-se ao teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis, seguido do teste de Nemenyi para comparações múltiplas (suplemento StatistiXL do programa Microsoft Excel 2007), e consideraram-se como significativas quando  $p < 0,05$ .

---

<sup>5</sup> Nos casos de anestésias prolongadas, o anestesiológista tem como rotina proceder a um curto período de *washout* do circuito anestésico.

## 4 Apresentação e discussão de resultados

Os resultados apresentados nos capítulos 4.1.1 – 4.1.3 retratam o evoluir dos fluxos e dos consumos de todos os gases usados no procedimento anestésico.

### 4.1.1 Fluxo e Consumo de Oxigénio

A figura seguinte representa a evolução temporal do fluxo fresco de oxigénio, em mL/min, ao longo de um caso anestésico (desde o início da indução até ao paciente estar completamente acordado). Por fluxo fresco entende-se o fluxo que é introduzido na máquina e não o que é utilizado pelo paciente.

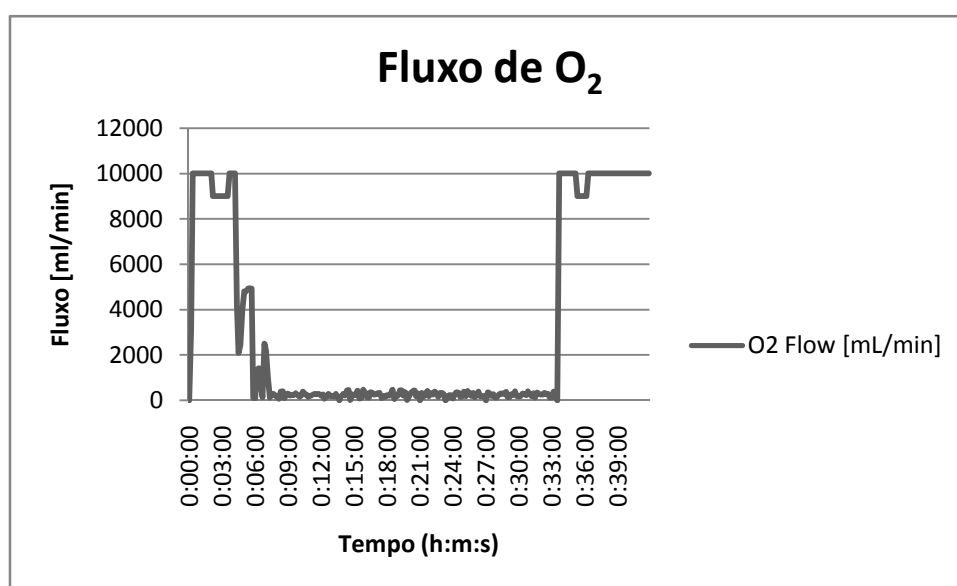


Figura 7 – Fluxo de oxigénio, em ml/min, durante uma anestesia.

Ao observar o gráfico da figura 7, podemos verificar que no início e no fim do registo há um fluxo elevado de oxigénio. Este corresponde a dois períodos onde é necessário garantir uma boa oxigenação do paciente: período da indução e do “acordar” da anestesia, respectivamente. Depois de intubado o paciente e de mudado o modo ventilatório da máquina – de modo manual/espontâneo para volume



controlado – o fluxo de oxigénio é reduzido ao mínimo, mantendo-se assim durante o decorrer do procedimento cirúrgico.

A variação de fluxo de oxigénio influencia directamente o consumo de oxigénio. Assim, no início e no fim do procedimento anestésico a variação do consumo de oxigénio é maior e mais rápida, mantendo-se praticamente constante durante o funcionamento em circuito fechado. (Figura 8)

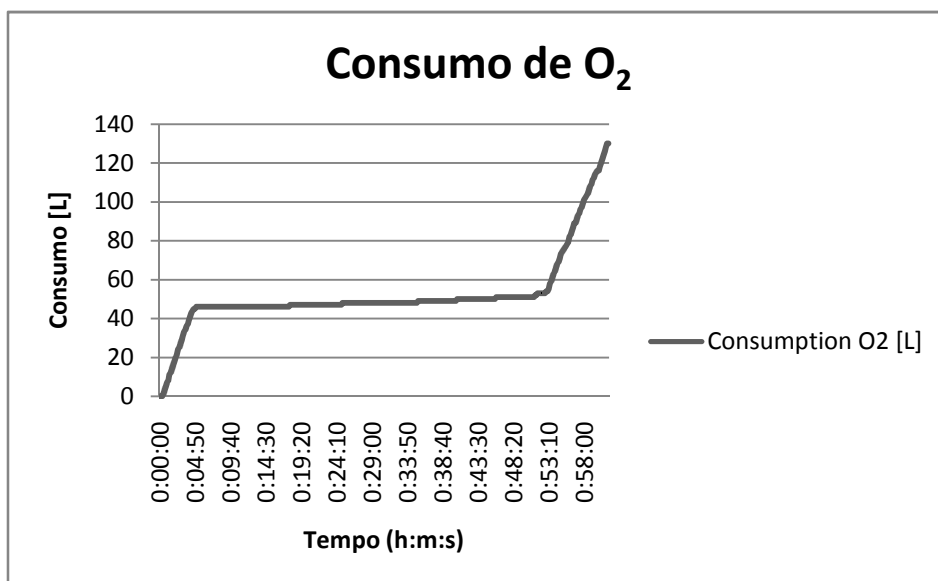


Figura 8 – Fluxo de oxigénio, em ml/min, durante uma anestesia.

#### 4.1.2 Fluxo e Consumo de ar / N<sub>2</sub>O

A mesma análise foi feita para o gás transportador. Distinguiu-se o ar do protóxido de azoto, pois os consumos destes evoluem de maneira diferente ao longo da anestesia. Estes registos correspondem às misturas gasosas que tinham o desflurano como halogenado.

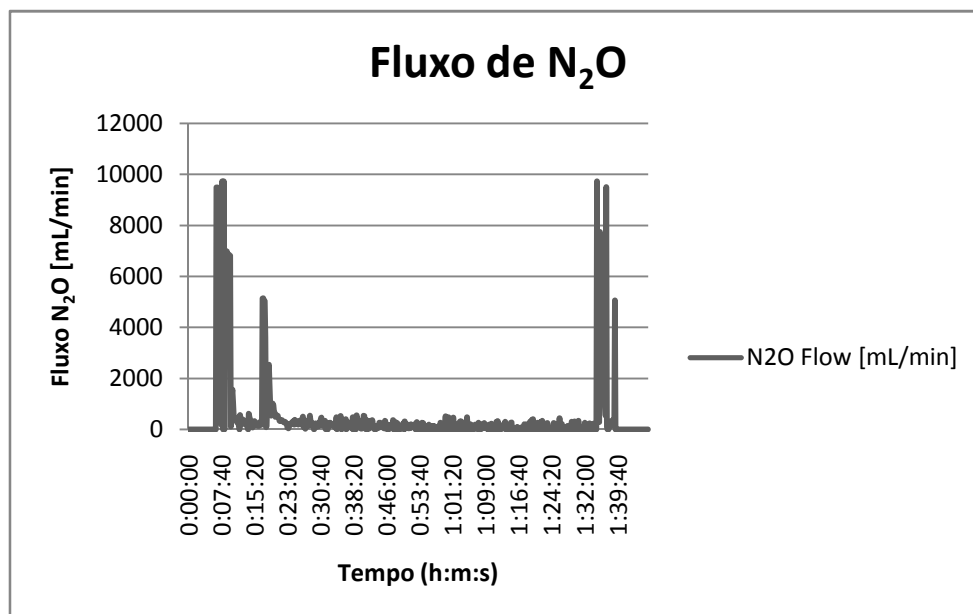


Figura 9 – Fluxo de protóxido de azoto, em ml/min, durante uma anestesia.

O protóxido de azoto pode ser utilizado desde o início do procedimento anestésico sendo normalmente interrompido perto do fim do procedimento cirúrgico, antes de acordar o paciente. O fluxo e, consequentemente o consumo, durante a fase de circuito fechado (no intervalo de tempo 0:15:20 a 1:32:00) são também reduzidos.

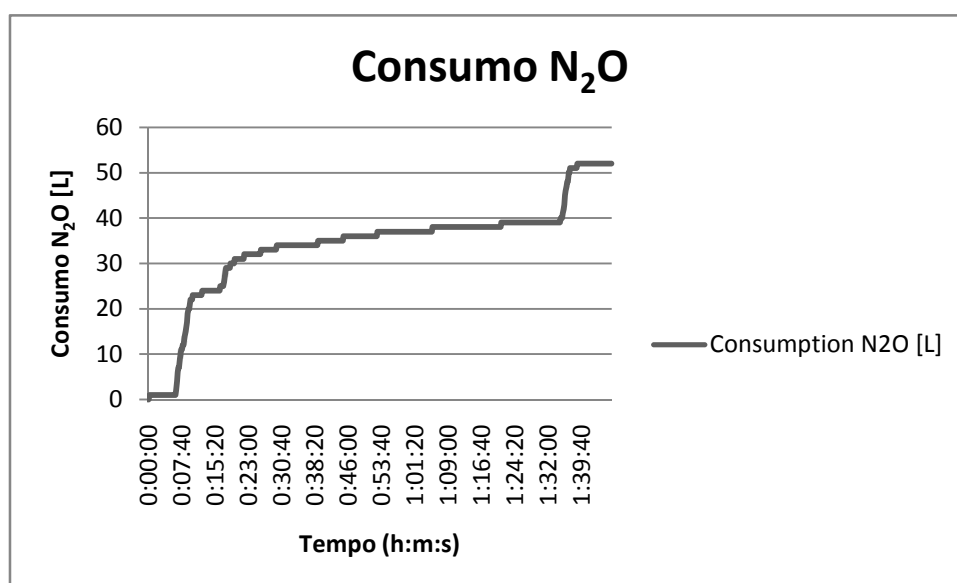


Figura 10 – Consumo de protóxido de azoto, em L, durante uma anestesia.

A curva do fluxo de ar é diferente da curva do fluxo de  $N_2O$  e  $O_2$ . No caso do ar, verifica-se um aumento significativo do fluxo no início da anestesia, sendo mínimo daí em diante.

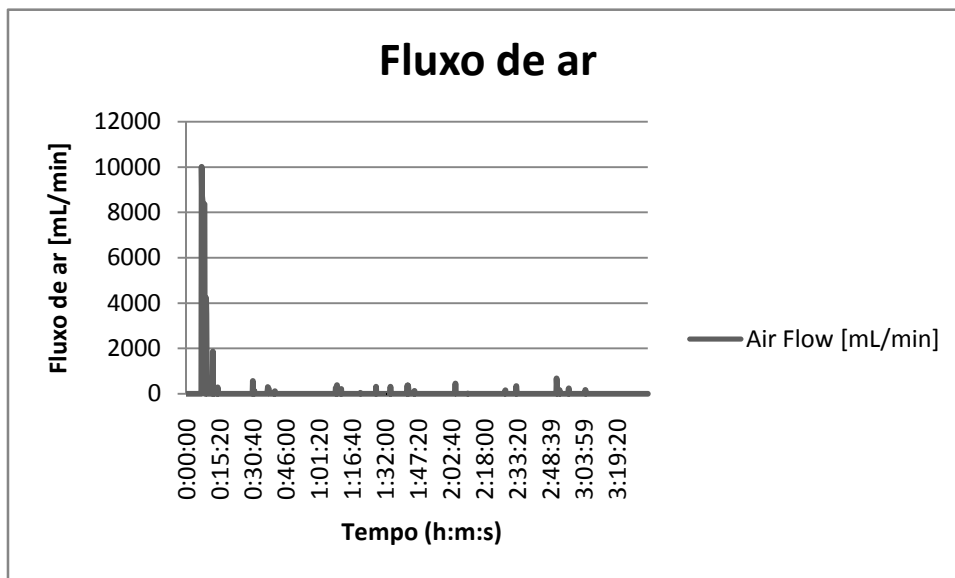


Figura 11 – Fluxo de ar, em ml/min, durante uma anestesia.

Consequentemente, o consumo de ar apenas é significativo na fase inicial da anestesia, mantendo-se praticamente inalterado durante o decorrer da mesma.

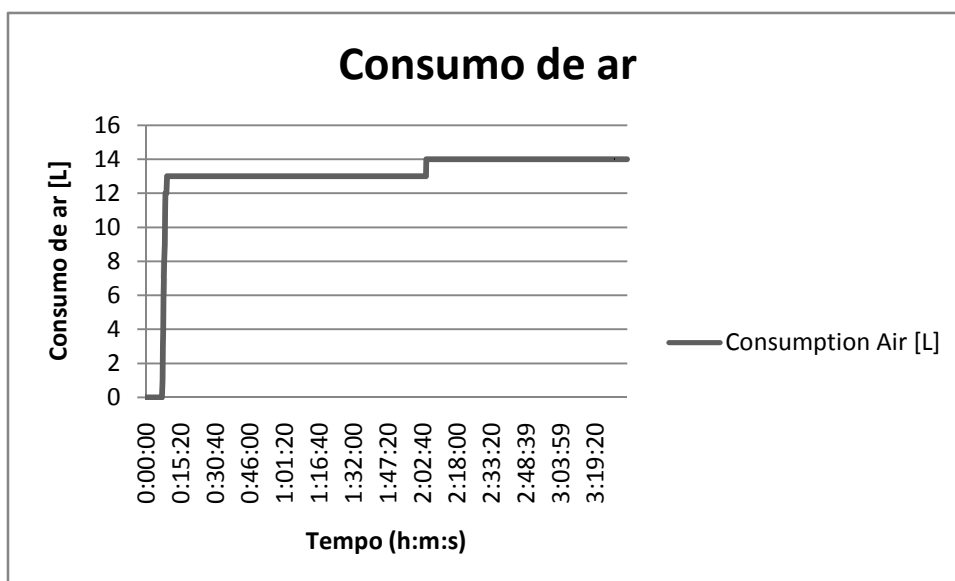


Figura 12 – Consumo de ar, em L, durante uma anestesia.

### 4.1.3 Consumo de Agente Anestésico

O agente anestésico começa a ser utilizado, normalmente, depois de se proceder à intubação do paciente e encetar a ventilação controlada. Começa por ter uma fase onde a sua variação é mais acentuada, estabilizando depois de se atingir a concentração pretendida. No final da cirurgia, antes de começar a fase do acordar, pára-se a dosagem de anestésico, para que este vá sendo removido do sistema ventilatório; nesta fase, o consumo de halogenado cessa.

A figura seguinte descreve a curva de consumo do desflurano, ao longo de todo o procedimento anestésico.

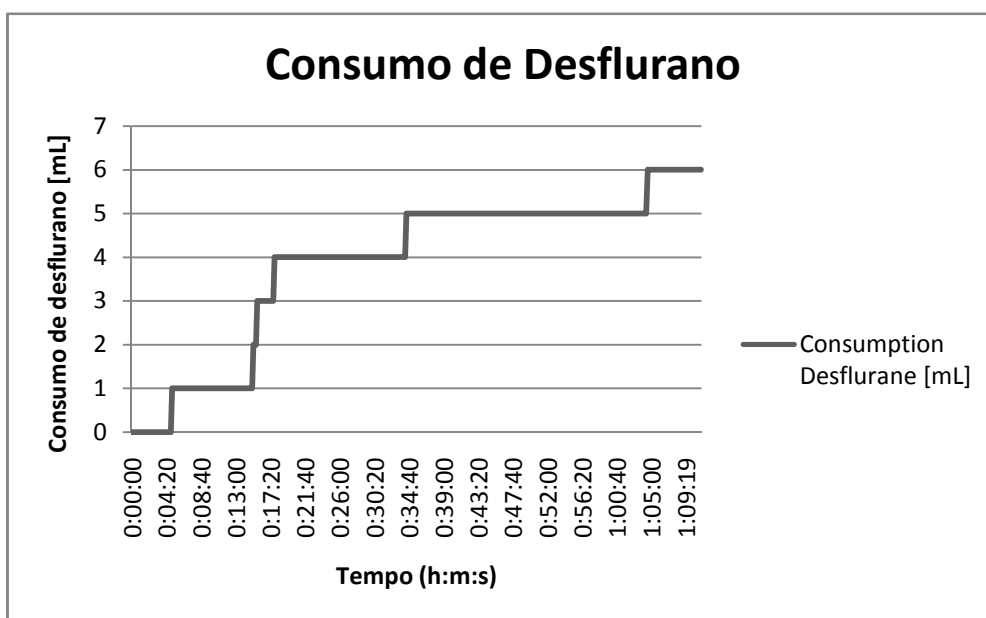


Figura 13 – Consumo de desflurano, em ml, durante uma anestesia

A mesma tendência se verifica quando é seleccionado o sevoflurano como agente anestésico. (Figura 14)

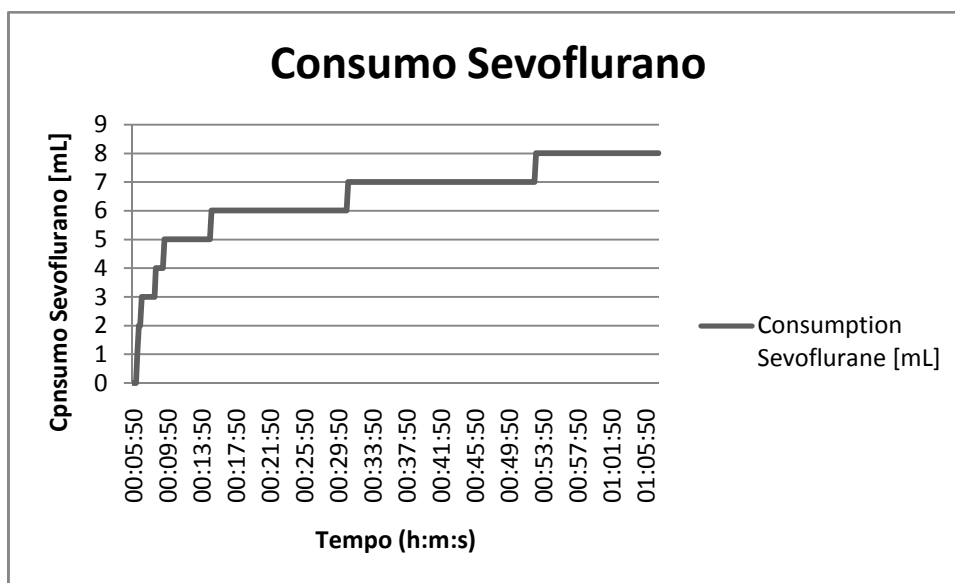


Figura 14 – Consumo de sevoflurano, em ml, durante uma anestesia

Independentemente do agente anestésico escolhido, verifica-se um aumento mais rápido e acentuado nos instantes que seguem o início da sua utilização, sendo depois o seu consumo estabilizado.

#### 4.1.4 Precisão dos controlos por *feedback*

Um dos parâmetros que foi estudado foi a evolução da concentração de agente anestésico: foram comparadas as concentrações de agente anestésico expiratório definido pelo anestesiológista (*Setting Exp. Agent*) com o valor real expirado (*Exp. Agent*) e este com o valor real inspirado (*Insp. Agent*). O objectivo desta comparação foi o de verificar a precisão dos controlos por *feedback*, característicos do Zeus<sup>®</sup>. São apresentados dois gráficos representativos do que se verificou em todos os casos anestésicos recolhidos, para cada um dos halogenados.

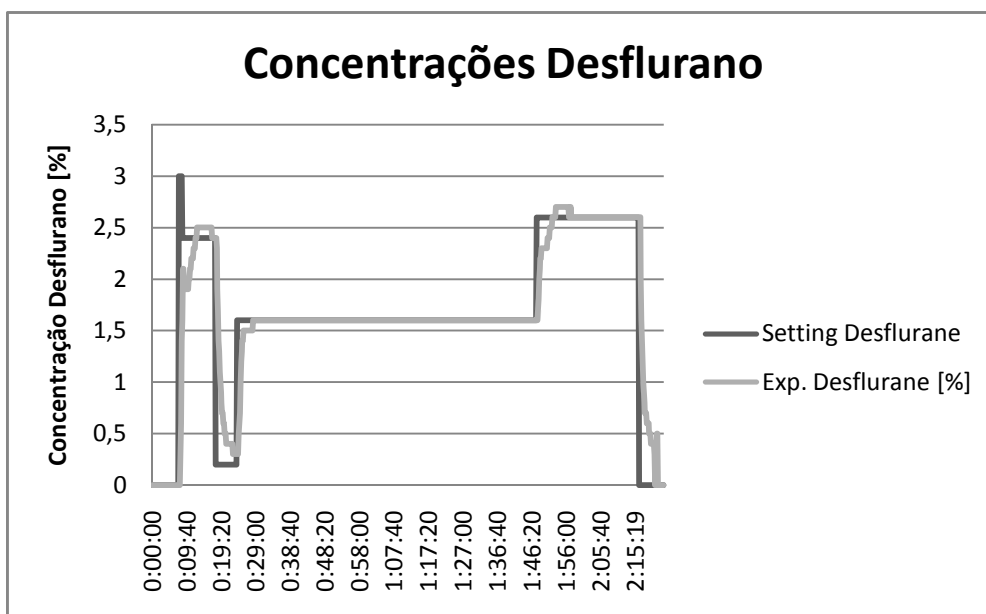


Figura 15 – Concentração definida e expirada de Desflurano, durante uma anestesia.

Um dos sistemas de controlo por *feedback* do Zeus<sup>®</sup>, já mencionado, é o circuito de regulação de gás anestésico expiratório. Como podemos ver pelo gráfico, o traçado da curva que representa o desflurano expiratório está sempre muito próximo do traçado da curva que representa a concentração definida, estando na maior parte do tempo sobrepostos.

A figura seguinte representa os traçados da curva de desflurano expiratório e desflurano inspiratório.

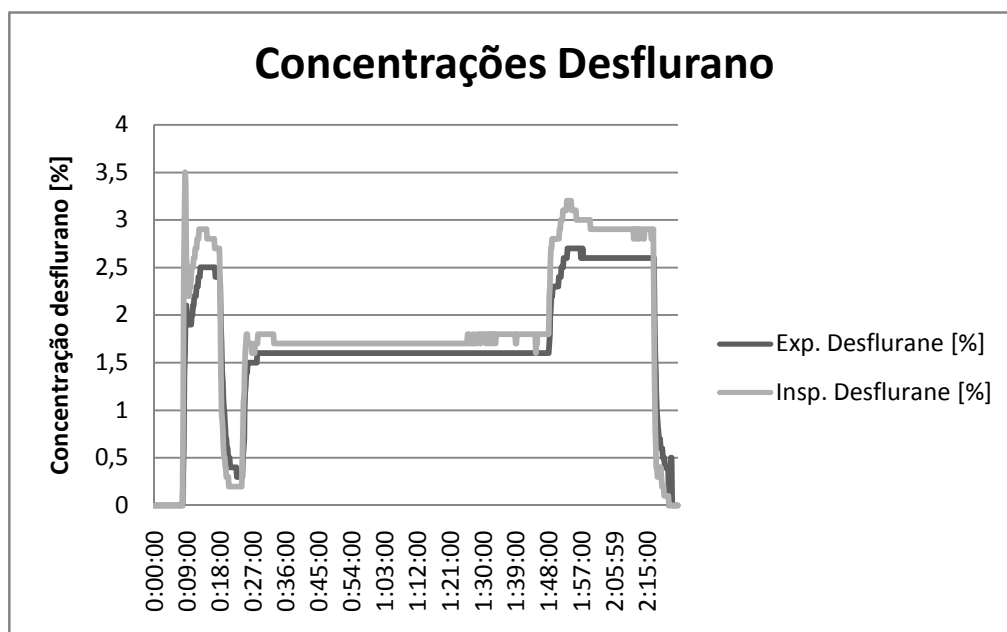


Figura 16 – Concentrações inspirada e expirada de Desflurano, durante uma anestesia.

Como seria de esperar, os valores do desflurano inspiratório são superiores aos valores expiratórios (Figura 16). Isto acontece pois, a cada inspiração, uma certa quantidade de agente anestésico fica retida no paciente. Assim, para se obter o valor expiratório pretendido, tem sempre que ser administrada uma quantidade superior de anestésico.

As figuras 17 e 18 descrevem o que acontece quando se selecciona o sevoflurano como agente anestésico.

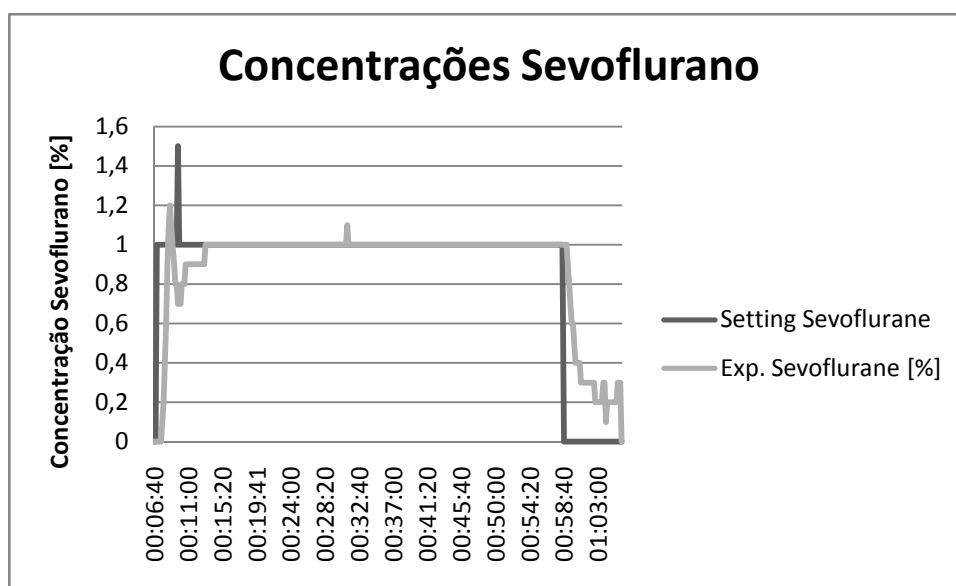


Figura 17 – Concentração definida e expirada de Sevoflurano, durante uma anestesia.

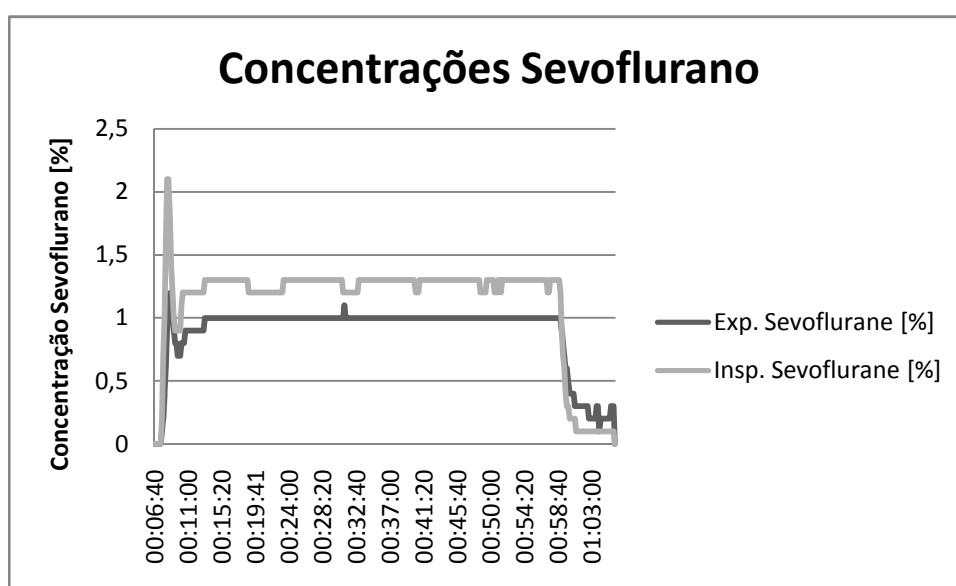


Figura 18 – Concentrações inspirada e expirada de Sevoflurano, durante uma anestesia

Tentou-se fazer uma análise quantitativa da precisão dos controlos por *feedback*. As tabelas seguintes representam a percentagem de tempo em que a concentração expiratória coincide exactamente com a concentração definida e a percentagem em que a concentração expiratória difere 0 ou  $\pm 0,1$  vol. % da concentração definida. Para isso, foi calculada em cada ponto (ou seja, de 10 em segundos) a diferença (que será representada por  $\Delta c$ ) entre a concentração definida e a concentração expiratória medida. A segunda coluna de cada tabela representa a percentagem em que as concentrações são coincidentes, ou seja, a diferença ( $\Delta c$ ) é zero. A terceira coluna da tabela representa a percentagem em que a diferença ( $\Delta c$ ) entre as concentrações é  $0 \pm 0,1$  vol. %. Estes cálculos foram feitos para ambos os halogenados e para o período de tempo em que o ventilador de anestesia está a funcionar em circuito fechado/modo *uptake*, ou seja, para as fases 2 e 3.

Tabela 2 – Precisão dos controlos por *feedback* - desflurano

Caso anestésico	$\Delta$ Concentração	$\Delta$ Concentração
	= 0	= $0 \pm 0,1$
1	38,91 %	49,58 %
2	66,87 %	83,20 %
3	55,35 %	76,05 %
4	80,94 %	92,60 %
5	28,26 %	58,15 %
6	94,27 %	73,44 %
7	72,15 %	84,94 %
8	22,93 %	48,41 %
9	55,24 %	80,35 %
10	70,53 %	79,47 %
11	79,19 %	92,20 %
12	27,39 %	67,52 %
13	62,85 %	82,07 %
14	62,38 %	75,24 %
15	78,87 %	91,73 %
16	68,2 %	80,46 %
17	70,12 %	80,65 %
18	79,02 %	88,01 %
19	66,53 %	81,67 %
20	38,38 %	61,97 %

A percentagem de tempo mediana, em que  $\Delta c = 0$ , é de 66,70 % e a percentagem de tempo mediana, em que  $\Delta c = 0 \pm 0,1$ , é de 80,41 %. Ou seja, em



66,70 % do tempo em que o sistema está a funcionar em circuito fechado/modo *uptake*, a concentração definida e a concentração expiratória medida são coincidentes.

Os mesmos cálculos foram feitos para os casos em que foi usado sevoflurano como halogenado. Os valores obtidos são superiores aos do desflurano. Uma constatação que foi feita, foi que nos casos em que a concentração definida foi a mesma desde o início ao fim do procedimento anestésico (casos 5, 7, 8, 9, 10, 12 e 14) a percentagem de coincidência foi superior aos outros casos. Isto deve-se ao facto de ser necessário algum tempo para o sistema atingir a nova concentração definida, ou seja, havendo mais alterações, o sistema tenderá a demorar mais tempo a atingir essas alterações e só depois fica novamente coincidente.

Tabela 3 – Precisão dos controlos por feedback - sevoflurano

Caso anestésico	$\Delta$ Concentração = 0	$\Delta$ Concentração = $0 \pm 0,1$
1	84,67 %	91,99 %
2	15,64 %	35,20 %
3	74,90 %	83,65 %
4	59,37 %	79,08 %
5	88,06 %	94,53 %
6	62,94 %	90,00 %
7	83,86 %	92,98 %
8	84,94 %	93,44 %
9	77,73 %	96,21 %
10	85,45 %	93,76 %
11	43,18 %	71,43 %
12	76,59 %	91,22 %
13	17,62 %	44,86 %
14	90,53 %	98,23 %
15	78,16 %	96,53 %
16	78,24 %	95,12 %
17	89,41 %	94,90 %
18	85,64 %	93,85 %

A percentagem de tempo mediana, em que  $\Delta c = 0$ , é de 78,20 % e a percentagem de tempo mediana, em que  $\Delta c = 0 \pm 0,1$ , é de 93,21 %.

Como o funcionamento do sistema de controlo por *feedback* é independente da mistura escolhida, calcularam-se as percentagens medianas finais para os 38 casos anestésicos (desflurano + sevoflurano). A percentagem de tempo mediana,

em que  $\Delta c = 0$ , é de 71,34 % e a percentagem de tempo mediana, em que  $\Delta c = 0 \pm 0,1$ , é de 83,43 %.

#### 4.1.5 Tempos de reacção

Uma característica que se observou no decorrer das cirurgias foi a rapidez de resposta do Zeus<sup>®</sup> a alterações das concentrações definidas pelo anestesiológista. Pretendeu-se quantificar essa rapidez em duas alturas importantes do procedimento anestésico: o tempo que demora a atingir o equilíbrio, depois de definida a concentração expiratória de anestésico pretendida (período correspondente a F2) e o tempo que demora a limpar o sistema de halogenado (período correspondente a F4), ou seja, a atingir aproximadamente a concentração zero, no fim da cirurgia.

Os resultados apresentados nas tabelas 4 – 7 correspondem às medianas dos tempos calculados para cada caso anestésico. (Anexo 2)

*Tabela 4 – Tempos quando se utiliza a mistura desflurano + O<sub>2</sub> + ar*

<b>Desflurano + O<sub>2</sub> + ar</b>	<b>Tempo (h:m:s)</b>
<b>Tempo até atingir o equilíbrio:</b>	00:04:35
<b>Tempo até concentração <math>\approx</math> zero:</b>	00:04:40

*Tabela 5 – Tempos quando se utiliza a mistura desflurano + O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>O*

<b>Desflurano + O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>O</b>	<b>Tempo (h:m:s)</b>
<b>Tempo até atingir o equilíbrio:</b>	00:04:30
<b>Tempo até concentração <math>\approx</math> zero:</b>	00:05:15

A partir do momento em que se define a concentração expiratória de desflurano pretendida, o sistema demora, na mistura O<sub>2</sub> + ar, 4 minutos e 35 segundos até atingir o estado de equilíbrio e demora 4 minutos e 30 segundos na mistura O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>O. O tempo até limpar o sistema é, na mistura O<sub>2</sub> + ar, 4 minutos e 40 segundos, e 5 minutos e 15 segundos, na mistura O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>O.

*Tabela 6 – Tempos quando se utiliza a mistura sevoflurano + O<sub>2</sub> + ar*

<b>Sevoflurano + O<sub>2</sub> + ar</b>	<b>Tempo (h:m:s)</b>
<b>Tempo até atingir o equilíbrio:</b>	00:04:25
<b>Tempo até concentração ≈ zero:</b>	00:07:40

*Tabela 7 – Tempos quando se utiliza a mistura sevoflurano + O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>O*

<b>Sevoflurano + O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>O</b>	<b>Tempo (h:m:s)</b>
<b>Tempo até atingir o equilíbrio:</b>	00:04:50
<b>Tempo até concentração ≈ zero:</b>	00:06:20

A partir do momento em que se define a concentração expiratória de sevoflurano pretendida, o sistema demora, na mistura O<sub>2</sub> + ar, 4 minutos e 25 segundos até atingir o estado de equilíbrio e demora 7 minutos e 40 segundos na mistura O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>O. O tempo até limpar o sistema é, na mistura O<sub>2</sub> + ar, 4 minutos e 50 segundos, e é 6 minutos e 20 segundos, na mistura O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>O.<sup>6</sup>

De acordo com o observado nos procedimentos anestésicos assistidos e com a bibliografia recolhida, o tempo até voltar a atingir a concentração aproximadamente zero é superior quando se usa sevoflurano do que quando se usa desflurano, o que está de acordo com o que indica esta amostra.

Não se conseguiram recolher dados de outras máquinas de anestesia, mas de acordo com entrevistas feitas a vários elementos do corpo clínico, o tempo até limpar o sistema de gás anestésico noutras máquinas é superior ao do Zeus<sup>®</sup>, e o tempo até se atingir o equilíbrio não é sequer comparável, pois não se atinge este equilíbrio numa máquina convencional.

#### **4.1.6 Consumo médio de gases frescos e anestésicos**

Para se obter as tabelas finais, calculou-se o consumo médio para cada fase e para cada gás durante cada caso anestésico. (Anexo 3 e 4) Por média entende-se o valor obtido quando se divide o consumo total de gás nessa fase, pela duração da

<sup>6</sup> As amostras obtidas para cada halogenado apresentam pacientes com características físicas muito diferentes, o que influencia directamente os resultados obtidos. Não se pretende, portanto, fazer deste estudo uma comparação entre o desflurano e o sevoflurano.

fase. Como o tempo de amostragem é de 10 segundos, os valores apresentados na tabela estão na forma L/10 segundos e mL/10 segundos (no caso dos halogenados).

Dos vinte casos anestésicos estudados com desflurano, dez tinham como mistura gasosa oxigénio e ar ( $O_2 + ar$ ) e outros dez tinham oxigénio e protóxido de azoto ( $O_2 + N_2O$ ). As tabelas seguintes representam a mediana dos consumos médios em cada fase, para as duas misturas.

Tabela 8 – Tabela resumo desflurano: consumo mediano de (a) protóxido de azoto vs (b) ar

(a) Gás	Consumo mediano em F1	Consumo mediano em F2	Consumo mediano em F3	Consumo mediano em F4
<b><math>O_2</math> (L/10 s)</b>	1,000	0,456	0,038	1,700
<b><math>N_2O</math> (L/10 s)</b>	0,000	0,725	0,033	0,000
<b>Desflurano (mL/10s)</b>	0,000	0,204	0,015	0,000

(b) Gás	Consumo mediano em F1	Consumo mediano em F2	Consumo mediano em F3	Consumo mediano em F4
<b><math>O_2</math> (L/10 s)</b>	0,250	0,056	0,037	1,649
<b>Ar (L/10 s)</b>	0,000	0,329	0,022	0,000
<b>Desflurano (mL/10s)</b>	0,000	0,122	0,031	0,000

A fase 1 corresponde ao período entre o início da ventilação controlada e o início do fornecimento de halogenado. Como esse período é muito curto, ou mesmo inexistente em alguns casos, os valores desta fase são pouco expressivos.

Na fase 2, embora já corresponda ao funcionamento em modo *uptake*, o consumo de gases não é mínimo. Isto deve-se ao facto de, nesta fase, o objectivo ser atingir rapidamente a concentração expiratória de halogenado definida pelo anestesiológista. Como esse tempo é mais curto do que nos outros aparelhos, é necessário um aumento de fluxo de gases frescos e anestésicos, que corresponde a um aumento do consumo dos mesmos.

A fase 3 é a fase de maior duração e corresponde ao decorrer da cirurgia. Conforme vemos na tabela, é a fase em que o consumo médio de gases frescos e

anestésicos é menor. Esta fase corresponde ao funcionamento em circuito virtualmente fechado, verificando-se portanto que o consumo de gases é mínimo.

Na fase 4 o consumo de gás transportador e de halogenado é praticamente nulo, pois, nesta fase, o objectivo é acordar o paciente. O consumo de oxigénio aumenta, de modo a reduzir a concentração de halogenado a zero rapidamente.

Analisando a tabela do desflurano (tabela 6), pode-se inferir que o consumo mediano de todos os gases na fase 3 é bastante inferior ao da fase 2, excepto no caso da mistura  $O_2$  + ar, em que o consumo mediano de  $O_2$  é semelhante ao da fase 3. Na fase 4 apenas se consome  $O_2$ .

A mesma divisão foi feita nos casos anestésicos em que foi escolhido o sevoflurano como halogenado e está descrita na tabela seguinte. No entanto, apenas se conseguiram obter dezoito casos anestésicos para o sevoflurano: nove com  $N_2O$  e nove com ar.

*Tabela 9 – Tabela resumo sevoflurano: consumo mediano de (a) protóxido de azoto vs (b) ar*

(a) Gás	Consumo mediano em F1	Consumo mediano em F2	Consumo mediano em F3	Consumo mediano em F4
$O_2$ (L/10 s)	0,000	0,414	0,028	1,385
$N_2O$ (L/10 s)	0,000	0,741	0,026	0,029
Sevoflurano (mL/10s)	0,000	0,107	0,006	0,000

(b) Gás	Consumo mediano em F1	Consumo mediano em F2	Consumo mediano em F3	Consumo mediano em F4
$O_2$ (L/10s)	0,000	0,087	0,044	1,021
Ar (L/10 s)	0,000	0,381	0,040	0,391
Sevoflurano (mL/10s)	0,000	0,172	0,018	0,000

À semelhança do que acontece quando se escolhe desflurano, o consumo mediano de todos os gases é significativamente menor na fase 3, excepto no caso da mistura  $O_2$  + ar, em que o consumo de  $O_2$  nas fases 2 e 3 é da mesma ordem de grandeza. Ao contrário do que acontece com o desflurano, há também consumo dos gases transportadores (ar e  $N_2O$ ) na fase 4.

#### 4.1.6.1 Consumo de gases frescos e anestésicos: tratamento estatístico

As amostras obtidas foram primeiramente analisadas para ver se seguiam uma distribuição normal. Para isso, fez-se um teste de normalidade de Shapiro-Wilk. Este teste mostrou que, com certeza de 95%, as amostras não seguiam uma distribuição normal.

Para comparar as médias das amostras em cada fase, utilizou-se o teste não paramétrico de Kruksal-Wallis, seguido do teste de Nemenyi para comparações múltiplas.

De acordo com o teste de Nemenyi para o grupo do desflurano, os consumos deste nas fases 2 e 3 são semelhantes; nas fases 2 e 4 e nas fases 3 e 4, os consumos de desflurano são claramente diferentes, excepto na mistura  $O_2 + N_2O$ . (Anexo 5) No caso do sevoflurano, os consumos deste nas fases 2 e 3 são sempre semelhantes; as fases 2 e 4 e as fases 3 e 4 são claramente diferentes. (Anexo 6)

Os testes estatísticos realizados confirmaram, com uma certeza de 95%, que os consumos nas fases 2 e 3 são semelhantes, ao contrário do que induz a observação das tabelas 8 e 9. A explicação provável para isto dever-se-á ao reduzido número de casos anestésicos recolhidos, tendo sido comparadas amostras muito pequenas. No entanto, também é de realçar que, quer na fase 2 quer na fase 3, o Zeus<sup>®</sup> está a funcionar em modo *uptake*, tendo sido a decisão de dividir o modo *uptake* em duas fases uma decisão tomada *a priori*.

Os resultados dos testes dos consumos de gases frescos não apresentam uma tendência semelhante.

Tabela 10 – Resultados do teste de Nemenyi para os gases frescos: mistura  $O_2 + ar$

	Desflurano	Sevoflurano
<b>Oxigénio</b>	Apenas semelhante comparando F2 com F3.	Apenas semelhante comparando F2 com F3.
<b>Ar</b>	Apenas diferente comparando F2 com F4.	Semelhante em todas as fases.

No caso de a mistura ser  $O_2$  + ar, os consumos entre as fases 2 e 3, de  $O_2$  e ar, são sempre semelhantes. O mesmo se verifica no caso de a mistura ser  $O_2+N_2O$ .

*Tabela 11 – Resultados do teste de Nemenyi para os gases frescos: mistura  $O_2+N_2O$*

	Desflurano	Sevoflurano
<b>Oxigénio</b>	Apenas semelhante comparando F2 com F3.	Apenas diferente comparando F3 com F4.
<b><math>N_2O</math></b>	Apenas diferente comparando F2 com F4.	Apenas semelhante comparando F3 com F4.

Analisando as tabelas dos consumos médios de oxigénio, podemos concluir que os consumos em F2 e F3 são claramente inferiores aos de F4, ou seja, no modo de funcionamento *uptake*, o consumo é claramente inferior ao dos restantes modos de funcionamento.

Na análise dos resultados do teste, excluíram-se as comparações entre a fase 1 e as restantes, pois, como já foi dito, a fase 1 nem sempre está presente em todas os casos anestésicos e, quando está, tem uma amostra muito pouco significativa (entre 1 e 3 amostras por caso anestésico). No entanto, todos os resultados constam das tabelas presentes no Anexo 5 e 6.

#### 4.1.7 Consumo total de gases frescos e anestésicos

Para se poder comparar os consumos para as diferentes composições gasosas, considerou-se não o consumo médio, mas o consumo total (em litros para os gases frescos e em mililitros para os halogenados) para cada fase.

Tabela 12 – Consumo mediano total do grupo do desflurano: (a) protóxido de azoto vs (b) ar

(a) Gás	Consumo em F1	Consumo em F2	Consumo em F3	Consumo em F4	Consumo Total
Oxigénio (L)	3,0	13,0	17,5	65,5	99,0
N <sub>2</sub> O (L)	0,0	19,0	12,5	0,0	31,5
Desflurano (mL)	0,0	5,5	7,5	0,0	13,0

(b) Gás	Consumo em F1	Consumo em F2	Consumo em F3	Consumo em F4	Consumo Total
Oxigénio (L)	0,5	1,5	10,5	51,0	63,5
Ar (L)	0,0	10,0	7,0	0,0	17,0
Desflurano (mL)	0,0	3,5	10,5	0,0	14,0

Como se vê na tabela 12, o consumo de desflurano é ligeiramente superior quando a mistura é oxigénio + ar do que quando a mistura é oxigénio + N<sub>2</sub>O. Este resultado é expectável, pois o N<sub>2</sub>O funciona como adjuvante do halogenado, sendo necessária uma menor concentração de halogenado na presença deste. O consumo de oxigénio também é inferior quando se usa ar do que quando se usa N<sub>2</sub>O. Isto é explicado pelo facto do gás medicinal ar conter uma fracção de oxigénio (21%), sendo necessária uma menor quantidade de oxigénio puro para garantir uma saturação de oxigénio do paciente adequada.

Verifica-se também que o consumo total de oxigénio + ar é bastante menor que o consumo total de oxigénio + N<sub>2</sub>O.



*Tabela 13 – Consumo mediano total do grupo do sevoflurano: (a) protóxido de azoto vs (b) ar*

(a) Gás	Consumo em F1	Consumo em F2	Consumo em F3	Consumo em F4	Consumo Total
<b>Oxigénio (L)</b>	0,0	12,0	7,0	54,0	<b>73,0</b>
<b>N<sub>2</sub>O (L)</b>	0,0	21,0	7,0	1,0	<b>29,0</b>
<b>Sevoflurano (mL)</b>	0,0	4,0	1,0	0,0	<b>5,0</b>

(b) Gás	Consumo em F1	Consumo em F2	Consumo em F3	Consumo em F4	Consumo Total
<b>Oxigénio (L)</b>	0,0	3,0	13,0	59,0	<b>75,0</b>
<b>Ar (L)</b>	0,0	8,0	6,0	36,0	<b>50,0</b>
<b>Sevoflurano (mL)</b>	0,0	4,0	5,0	0,0	<b>9,0</b>

À semelhança do que acontece quando se usa desflurano, o consumo de sevoflurano é menor quando se escolhe a mistura oxigénio + protóxido de azoto do que quando se escolhe oxigénio + ar. A justificação é a mesma.

Ao contrário do que acontece com o desflurano, verifica-se que, quando se usa sevoflurano, o consumo total de oxigénio + ar é maior que o consumo total de oxigénio + N<sub>2</sub>O. Esse aumento é significativamente superior na fase 4.

Conforme se verifica nas tabelas 8 e 9, o consumo mediano de halogenado é maior na fase 2. Como já foi dito, esta fase corresponde à fase em que a dosagem de halogenado é superior, de modo a atingir rapidamente a concentração definida pelo anestesiológista. Utilizando os dados dos consumos totais de gases (tabelas 12 e 13), calculou-se a percentagem a que o consumo nessa fase correspondia, face ao consumo total de halogenado. Nos casos anestésicos em que se usa desflurano, o consumo de halogenado na fase 2, com ar, corresponde a 21,11% e o consumo com N<sub>2</sub>O corresponde a 48,81%. Nos casos anestésicos em que se usa sevoflurano, o consumo de halogenado na fase 2, com ar, corresponde a 66,67% e o consumo com N<sub>2</sub>O corresponde a 30,77% do consumo total de halogenado. (Anexo 8)

Apesar de se ter verificado no capítulo 4.1.7 que a fase 4 é mais duradoura quando se usa sevoflurano do que quando se usa desflurano, o consumo total de oxigénio e gás transportador apenas foi superior, nessa fase, quando comparadas as misturas O<sub>2</sub> + ar.

#### 4.1.8 Custo médio dos gases por cirurgia

Para calcular o custo médio por cirurgia, manteve-se a divisão entre as cirurgias em que foi utilizado ar e as cirurgias em que foi utilizado N<sub>2</sub>O, pois além do preço por litro destes dois gases ser diferente, a sua escolha influencia directamente a quantidade de oxigénio e desflurano/sevoflurano consumida.

O preço considerado para o desflurano foi o que consta no Catálogo de Aprovisionamento Público de Saúde (11), e para o sevoflurano foi o fornecido (em 13 de Março de 2008) pela empresa Abbott Laboratórios, Lda.

*Tabela 14 – Custo dos halogenados*

Halogenado	Quantidade por embalagem	Preço por embalagem	Preço por mililitro
<b>Desflurano</b>	240 mL	€ 84	€ 0,35
<b>Sevoflurano</b>	250 mL	€ 183	€ 0,732

Os preços utilizados dos gases frescos oxigénio, ar e protóxido de azoto, foram obtidos de uma média entre fornecimentos hospitalares. Como o peso do halogenado no custo final é sempre superior a 90%, em qualquer mistura gasosa, o peso dos gases frescos é pouco significativo e não será apresentado.

A tabela seguinte representa o custo por hora de cada caso anestésico, dependendo da mistura gasosa e do halogenado escolhido. Por “consumo total” entende-se a soma dos consumos de halogenado, em todos os casos anestésicos, e a “duração total” corresponde à soma da duração das fases em que foi consumido halogenado (normalmente, duração da fase 2 e 3). O “custo total” corresponde ao custo de halogenado total consumido.

*Tabela 15 – Custo por hora de Desflurano, na mistura O<sub>2</sub> + ar*

Consumo total Desflurano (mL)	Custo total	Duração Total (h:m:s)	Custo des./h
15	€ 5,250	1:19:59	€ 3,938
18	€ 6,300	1:49:20	€ 3,457
10	€ 3,500	1:11:50	€ 2,923
39	€ 13,650	3:15:59	€ 4,179
4	€ 1,400	0:30:49	€ 2,726
7	€ 2,450	0:26:10	€ 5,618
41	€ 14,350	1:16:20	€ 11,279
25	€ 8,750	0:52:20	€ 10,032
13	€ 4,550	0:41:50	€ 6,526
16	€ 5,600	0:47:20	€ 7,099

*Tabela 16 – Custo por hora de Desflurano, na mistura O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>O*

Consumo total Desflurano (mL)	Custo total	Duração total (h:m:s)	Custo des./h
3	€ 1,050	1:04:00	€ 0,984
14	€ 4,900	1:35:10	€ 3,089
13	€ 4,550	0:31:40	€ 8,621
14	€ 4,900	2:08:10	€ 2,294
14	€ 4,900	1:17:10	€ 3,810
7	€ 2,450	0:34:59	€ 4,202
14	€ 4,900	1:34:40	€ 3,106
6	€ 2,100	0:43:30	€ 2,897
21	€ 7,350	1:38:09	€ 4,493
21	€ 7,350	1:56:30	€ 3,785

O custo médio de desflurano, por hora, é de € 5,78 ( $\pm$  € 2,97), na mistura O<sub>2</sub> + ar e € 3,73 ( $\pm$  € 1,99), na mistura O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>O. Como já foi referido, o peso dos gases frescos no custo final é inferior a 10%. Analisando as duas misturas, podia-se inferir que o custo médio por hora é cerca de 35 % superior quando se utiliza a mistura O<sub>2</sub> + ar; no entanto, os valores dos desvios padrões obtidos não permitem confirmar essa observação.

As tabelas seguintes representam o custo por hora das dezoito cirurgias em que foi usado sevoflurano.

*Tabela 17 – Custo por hora de Sevoflurano, na mistura O<sub>2</sub> + ar*

<b>Consumo total Sevoflurano (mL)</b>	<b>Custo total</b>	<b>Duração total (h:m:s)</b>	<b>Custo sevo./h</b>
8	€ 5,856	00:47:50	€ 7,346
26	€ 19,032	00:29:50	€ 38,277
9	€ 6,588	00:43:50	€ 9,018
45	€ 32,940	02:32:59	€ 12,919
17	€ 12,444	00:51:20	€ 14,545
24	€ 17,568	02:54:59	€ 6,024
5	€ 3,660	01:28:49	€ 2,473
13	€ 9,516	01:28:10	€ 6,476
7	€ 5,124	00:32:30	€ 9,460

*Tabela 18 – Custo por hora de Sevoflurano, na mistura O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>O*

<b>Consumo Total de Sevoflurano (mL)</b>	<b>Custo total</b>	<b>Duração total (h:m:s)</b>	<b>Custo sevo./h</b>
6	€ 4,392	00:51:40	€ 5,100
5	€ 3,660	00:28:20	€ 7,751
7	€ 5,124	01:12:23	€ 4,247
5	€ 3,660	00:43:10	€ 5,087
5	€ 3,660	00:35:10	€ 6,245
6	€ 4,392	01:12:11	€ 3,651
5	€ 3,660	00:34:10	€ 6,427
3	€ 2,196	01:43:49	€ 1,269
7	€ 5,124	0:41:20	€ 7,438

O custo médio de sevoflurano, por hora, é de € 11,84 ( $\pm$  € 10,56), na mistura O<sub>2</sub> + ar e € 5,25 ( $\pm$  € 2,03), na mistura O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>O. Aparentemente, o custo por hora na mistura O<sub>2</sub> + ar é superior (em cerca de 56%) ao custo da mistura O<sub>2</sub> + N<sub>2</sub>O; no entanto, o valor obtido na primeira mistura apresenta um desvio-padrão muito elevado, não se podendo comparar os custos das duas misturas.

Verificou-se, embora não sejam apresentados os dados, que para ambos os halogenados o custo total dos gases frescos é superior quando se escolhe a mistura  $O_2 + N_2O$ . Isto deve-se apenas ao facto de o preço por litro de  $N_2O$  ser bastante superior ao preço por litro de ar, sendo o peso dos consumos pequeno (face à diferença dos preços por litro).

## 4.2 Contratempos

Para facilitar a recolha dos consumos, tentou-se integrar a tecnologia *Picis Care Suite* e *Innovian™ Anesthesia* neste projecto. O *Picis Care Suite* é um sistema de informação de suporte à decisão clínica nas áreas de cuidados críticos, que possibilita a automatização da recolha de dados clínicos e organiza os processos de trabalho de prestadores de saúde nas seguintes áreas: avaliação pré-operatória, intra-operatória, pós-operatória e cuidados intensivos. O *Innovian™ Anesthesia* é também uma solução de informação para anestesia da Dräger Medical que permite obter um registo mais preciso e completo, e permite uma melhor gestão e medição de outputs e, consequentemente, melhores resultados a nível clínico e financeiro.

Tentaram-se integrar pois sabia-se que o Zeus® tinha a capacidade de exportar os dados pretendidos, ou seja, os consumos de gases anestésicos ao longo do procedimento anestésico. Com o *Picis Care Suite*, para que essa integração fosse possível, teria que haver uma alteração ao software, que foi pedida, mas que não ficou concluída em tempo útil para a realização deste trabalho. Não foi também possível pôr o *Innovian™ Anesthesia* a comunicar com o Zeus®, não tendo sido também possível, em tempo útil, usar este sistema.

Estas tentativas foram a principal razão para o atraso que o processo da recolha dos dados sofreu, bem como o consequente atraso do estudo.

## 5 Conclusões

Dos objectivos inicialmente previstos, foi realizado o estudo do consumo de gases frescos e anestésicos durante a anestesia. Foi descrita a evolução temporal dos consumos e fluxos dos gases frescos e evolução dos consumos dos halogenados ao longo de todas as fases da anestesia. Verificou-se que durante a fase em que o sistema está a funcionar em modo *uptake* (fase 3), os consumos médios de gases são mínimos e muito inferiores às restantes fases da cirurgia. Como esperado, no período correspondente à indução e ao “acordar” da anestesia, os fluxos e respectivos consumos são muito superiores à fase da cirurgia.

Verificou-se que o tempo que o Zeus<sup>®</sup> demora a atingir as concentrações definidas pelo anestesiológista é bastante rápido (entre 4 minutos e 30 segundos e 4 minutos e 35 segundos para o desflurano; entre 4 minutos e 25 segundos e 4 minutos e 50 segundos para o sevoflurano). Tal característica é muito importante tendo em atenção o tempo para atingir a profundidade anestésica ideal para o início da intervenção cirúrgica, bem como a segurança necessária para a qualquer momento, caso necessário, poder alterar rapidamente as concentrações da mistura que chega ao paciente. Esta rápida resposta é possível devido a um aumento do fluxo de gases frescos e anestésicos e, conseqüentemente, a um aumento do consumo dos mesmos. Embora se verifique esse aumento, esse valor não parece ser significativo.

Outro aspecto estudado do Zeus<sup>®</sup>, importante do ponto de vista da segurança que dá ao anestesiológista, é a precisão dos controlos por *feedback*. A concentração de halogenado expiratória é praticamente sempre coincidente com a concentração de halogenado definida pelo anestesiológista: A percentagem de tempo mediana, em que  $\Delta c = 0$ , é de 71,34 % e a percentagem de tempo mediana, em que  $\Delta c = 0 \pm 0,1$ , é de 83,43 %. Isto indica que os circuitos de controlo por *feedback* são muito precisos, permitindo que o anestesiológista utilize, com segurança, o modo de funcionamento *uptake*.

Distinguiu-se os casos anestésicos em que a mistura gasosa era oxigénio e protóxido de azoto dos casos anestésicos em que a mistura gasosa era oxigénio e ar. De destacar da análise dos consumos médios por fase, é o consumo da fase 3 que é da ordem da milésima de mL, por segundo, para qualquer gás (frescos e anestésicos). O consumo mediano de desflurano, na mistura  $O_2 + N_2O$ , é de 0,0015

ml/s, e na mistura  $O_2$  + ar é de 0,0031ml/s; o consumo mediano de sevoflurano, na mistura  $O_2$  +  $N_2O$ , é de 0,006 ml/s, e na mistura  $O_2$  + ar é de 0,0018ml/s.

No caso do halogenado ser o desflurano, verificou-se que o consumo total mediano da mistura oxigénio e ar é inferior ao consumo da mistura oxigénio e protóxido de azoto (menos 50 L), e o consumo de desflurano é cerca de 1 mL inferior. No entanto, analisando os custos de halogenado por hora das anestésias, a anestesia aparenta ser mais cara quando se utiliza ar do que quando se utiliza protóxido de azoto.

No caso do sevoflurano, verifica-se que o consumo total mediano de oxigénio e ar é cerca de 23 L superior ao consumo total de oxigénio e protóxido de azoto, e o consumo de sevoflurano, na primeira mistura, é superior em 4 mL. Aparentemente também se verifica a mesma tendência do que quando se usa o desflurano, ou seja, o custo de halogenado por hora das anestésias em que se utiliza ar aparenta ser superior ao custo de quando se utiliza protóxido de azoto.

Pode então inferir-se que, independentemente do halogenado escolhido, o seu custo por hora é superior quando se escolhe a mistura oxigénio e ar do que quando se escolhe a mistura oxigénio e protóxido de azoto. Isto deve-se ao facto do custo unitário dos halogenados ser muito superior ao custo unitário dos gases frescos.

Embora o consumo mediano de sevoflurano (5 mL para  $O_2$  e  $N_2O$  e 9 mL para  $O_2$  e ar) seja sempre inferior ao consumo mediano de desflurano (14 mL para  $O_2$  e  $N_2O$  e 13 mL para  $O_2$  e ar), os casos anestésicos em que se utilizou sevoflurano são ligeiramente mais caros do que os casos anestésicos em que se utilizou desflurano. Isto é apenas devido ao preço unitário do sevoflurano, que é cerca de 52,19 % superior ao do desflurano.

Embora não tenham sido apresentados os cálculos, pôde-se também constatar que o peso do halogenado, no custo total dos gases da anestesia e independentemente da mistura escolhida, é sempre superior a 90%. Daqui pode-se inferir que, reduzindo o consumo do halogenado, reduz-se significativamente o custo dos gases das anestésias.

Com este estudo pode-se confirmar que o Zeus<sup>®</sup>, a funcionar em modo *uptake*, necessita de muito poucos gases frescos para manter a anestesia geral, reutilizando-os quase na totalidade. A sua segurança e precisão dos controlos são extremas e independentes do agente anestésico escolhido. O consumo no modo de funcionamento *uptake* (fases 2 e 3) é claramente inferior ao consumo das restantes

fases. Tendo em conta que o halogenado representa mais de 90 % no custo por hora de anestesia, e é exclusivamente utilizado no modo de funcionamento *uptake*, o custo final por anestesia é significativamente reduzido quando se utiliza o modo de funcionamento *uptake*/circuito fechado.

## 5.1 Limitações & trabalho futuro

A maior limitação deste trabalho foi não conseguir exportar dados de outras máquinas, nomeadamente os consumos de gases anestésicos. Isto impediu que se comparasse o Zeus<sup>®</sup> com outros equipamentos.

Seria também interessante refazer este estudo, mas com um maior número de pacientes por grupo, com características fisiológicas semelhantes e submetidos aos mesmos procedimentos cirúrgicos. Além de se obter dados mais precisos sobre os consumos de gases, poder-se-ia comparar os dois gases anestésicos: sevoflurano e desflurano.

No mês de Março foi lançada uma nova versão de *software* do Zeus – versão 4.n – cujos algoritmos de controlo diferem da versão 3.n. Segundo informação da Dräger Medical, estes novos algoritmos foram otimizados de modo a reduzir ainda mais o consumo de gases anestésicos e frescos. Não foi utilizado este *software*, pois aquando do início da recolha dos dados ainda não existia em Portugal nenhum Zeus<sup>®</sup> com esta versão instalada, sendo por isso interessante rever este estudo com o novo *software*.

Para trabalho futuro fica a comparação do Zeus<sup>®</sup> com outras máquinas convencionais (a funcionar em circuito semi-fechado), para assim se poder quantificar a diferença de consumos entre elas. Depois de se ter estes dados comparativos, seria certamente interessante calcular o retorno do investimento que advém da compra do Zeus<sup>®</sup>. Assim, podia-se saber ao fim de quantos anos surge esse retorno, mostrando se compensa ou não o custo inicial mais dispendioso.

## 5.2 Apreciação final

A apreciação geral deste ano de projecto é muito positiva. Tive formação em muitos equipamentos médicos, conheci a realidade empresarial e estabeleci contacto com pessoas de muitas formações diferentes. A oportunidade para realizar



o estágio como especialista de aplicação, o qual vou descrever no capítulo seguinte, é algo pelo qual estou muito grata, porque foi a melhor forma de fazer a transição da realidade académica para a realidade do mercado de trabalho.

O rumo deste projecto foi sendo construído ao longo do tempo, o que fez com que alguns objectivos e algumas ideias não surgissem em tempo útil para a conclusão do mesmo. No entanto, e tendo em conta que se conjugou um ano de estágio com um ano de projecto académico, considero o balanço do que foi feito positivo e tenho a certeza que este projecto será continuado, realizando-se assim todos os objectivos que foram surgindo.

De destacar durante o processo da recolha dos dados do Zeus<sup>®</sup>, foi a oportunidade que tive de assistir de perto a cirurgias muito diferentes, o que foi bastante fascinante, bem como de poder ver outros equipamentos médicos em funcionamento.

## 6 Estágio como Especialista de Aplicação

“A Siemens, SA – HealthCare é uma das empresas do universo Siemens, SA que apresenta produtos, sistemas e soluções na área da saúde e desenvolve tecnologias inovadoras para o diagnóstico, terapêutica e reabilitação, suportando o *continuum* dos cuidados de saúde, integrando sistemas de informação numa perspectiva holística, aumentando a eficiência e a eficácia dos processos em Hospitais, Clínicas e Centros de Saúde.

A Siemens HealthCare é líder em equipamentos de alta tecnologia para diagnóstico, terapia e monitorização, bem como em sistemas de comunicação e armazenamento digital de imagens, oferecendo um completo serviço pós-venda.” (*in Manual de Acolhimento Siemens HealthCare, 2008*)

Este projecto foi desenvolvido na área de negócio *Critical Care*, pertencendo todos os equipamentos utilizados ao *portfolio* da Dräger Medical, cuja representante em Portugal é a Siemens, SA – HealthCare.

“A Dräger Medical é uma joint-venture, constituída no início de 2003, da Siemens AG, que detém 25% do capital, e da Drägerwerk AG, com 75%, que anteriormente detinha o seu controlo exclusivo.

A Dräger Medical apresenta soluções completas e integradas para as seguintes áreas: emergência, cuidados perioperatórios (estações de anestesia, monitorização e tecnologias de informação e sistemas arquitecturais), terapia intensiva (monitorização e tecnologias de informação, ventiladores e sistemas arquitecturais), cuidados perinatais (incubadoras, ventiladores, monitorização e sistemas arquitecturais) e cuidados domiciliários (ventiladores mecânicos, terapia do sono e oxigenoterapia).” (*in Manual de Acolhimento Siemens HealthCare, 2008*)

Das diferentes funções desempenhadas pela equipa de *critical care* (especialistas de produto, especialistas de aplicação, vendedores e *business manager*), o estágio que tive a oportunidade de realizar, paralelamente ao desenvolvimento do projecto curricular, foi o de especialista de aplicação.

Um especialista de aplicação tem como principais funções:

- Proceder ao esclarecimento técnico das propostas e encomendas;
- Controlar, juntamente com os vendedores, os prazos de resposta e entrega assim como as marcações com clientes para recepção, montagem e entrega dos equipamentos; Planear a formação adequada.

- Acompanhamento de pós-venda em que nomeadamente ausculta a satisfação do cliente detectando eventuais problemas e reportando situações anómalas.
- Orientar sessões de formação internas ou externas.
- Traduzir e manter actualizadas apresentações e descrições técnicas dos equipamentos, bem como rever os “Manuais do Utilizador”.

Assisti a várias demonstrações dos equipamentos do portfólio de *Critical Care* (máquinas de anestesia, monitores de sinais vitais, sistemas de informação, sistemas arquitecturais, incubadoras e ventiladores) e tive formação em todos esses equipamentos (formação interna e formação com especialistas da *Dräger Medical* Alemanha).

Particpei em várias formações, principalmente dadas em Blocos Operatórios e Unidades de Cuidados Intensivos e Intermédios. Dependendo do público-alvo de cada formação, os seus conteúdos foram diferentes, o que permitiu explorar várias matérias. Tive também a oportunidade de receber e instalar diferentes equipamentos, entregar pequenas encomendas aos clientes, estabelecendo com eles uma ligação mais próxima e pude ainda acompanhar técnicos e participar em algumas manutenções.

De destacar neste estágio, foi o processo de preparação do bloco operatório de uma nova unidade hospitalar, o Hospital dos Lusíadas, em Lisboa, onde participei na instalação de diversos equipamentos (nomeadamente máquinas de anestesia e monitores), acompanhando a evolução de várias salas do bloco desde a sua construção.

Uma das tarefas do estágio que foi muito importante para poder desenvolver o projecto curricular, foi a correcção da tradução do manual do Zeus<sup>®</sup> para Português. Isto permitiu uma leitura intensiva sobre todas as componentes do Zeus<sup>®</sup>, tendo sido fundamental para uma correcta compreensão do seu funcionamento.

Conheci muitas unidades hospitalares e vários elementos do corpo clínico, o que me permitiu estabelecer contacto directo com médicos e enfermeiros, percebendo e conhecendo melhor a ligação empresa – cliente.

## 6.1 Plano de Formações

Formações que realizei:

- Outubro de 2007: Formação em sistemas arquitecturais, Siemens Freixieiro (formador Dräger)
- Fevereiro e Abril de 2008: 1º e 2º Módulo da Sessão de Acolhimento, Siemens Freixieiro (formador Siemens HealthCare)
- Junho de 2008: *Clinical Use Cases*, Formação online, MLA | Med Learning Academy
- Julho de 2008: Formação de soluções para bloco operatório, Siemens Freixieiro (formador Dräger)

Congressos a que assisti, estando no expositor da Siemens para dar qualquer informação ou esclarecimento sobre os equipamentos expostos:

- Setembro de 2007: “5ªs Jornadas de Actualização em Ventilação Artificial”, Hotel Ipanema Porto
- Novembro de 2007: “O Norte da Anestesia”, Porto Palácio Hotel

Hospitais que visitei, na zona norte e na zona sul, e onde realizei as diferentes tarefas que fizeram parte do meu estágio:

- **Zona Norte:** Hospital da Arrábida (Vila Nova de Gaia), Hospital de São João (Porto), Hospital de São Teotónio (Viseu), Hospitais da Universidade de Coimbra (Coimbra), Hospital de Santo André (Leiria), Hospital de São Sebastião (Santa Maria da Feira), Hospital de São Marcos (Braga), BIAL - Portela & Cª., S.A. (S. Mamede do Coronado), Hospital Padre Américo Vale do Sousa (Penafiel).
- **Zona Sul:** Hospital da Luz (Lisboa), Hospital de S. José (Lisboa), Clínica da Beloura (Sintra), Hospital de Sant’ana (Parede), Hospital de Santa Maria (Lisboa), Clínica de Santo António (Sacavém), Clínica Parque dos Poetas (Oeiras), Hospital D. Estefânia (Lisboa), Hospital dos Lusíadas (Lisboa), Hospital de Santa Marta (Lisboa), Instituto Gama Pinto (Lisboa), Hospital Garcia de Orta (Almada), Hospital Distrital das Caldas da Rainha.

## 7 Bibliografia

1. Odin I, Feiss P. Low flow and economics of inhalation anaesthesia. *Best Practice & Research Clinical Anaesthesiology*, 2005, Vol. 19, p. 399-413
2. Bouche MP, Van Bocxlaer JF, Rolly G, Versichelen LF, Struys MM, Mortier E, De Leenheer AR. Quantitative determination of vapor-phase compound A in sevoflurane anesthesia using gas chromatography-mass spectrometry. *Clin Chem*, 2001, Vol. 47, p. 281-291
3. Shunji Kobayashi, Hiromichi Bito, Yukako Obata, Takasumi Katoh, Shigehito Sato. Compound A concentration in the circle absorber system during low-flow sevoflurane anesthesia: comparison of Dragorsorb Free, Amsorb and Sodasorb II. *Journal of Clinical Anesthesia*, 2003, Vol. 15, p. 33-37
4. Norbert Roewer, Holger Thiel. *Atlas de anestesiología*. Masson, 2003. ISBN 84-458-1177-0 (Edição espanhola)
5. Paul G. Barash, Bruce F. Cullen, Robert K. Stoeling. *Handbook of clinical anesthesia*. Fifth Edition. Lippincott Williams & Wilkins.
6. Instituto de Farmacologia e Terapêutica, Faculdade de Medicina da Universidade do Porto. Notas sobre o enigma da acção farmacológica dos anestésicos gerais. [Consulta de 18 de Janeiro de 2008]; Disponível em: [http://medicina.med.up.pt/farmacologia/pdf/Anestesicos\\_gerais.pdf](http://medicina.med.up.pt/farmacologia/pdf/Anestesicos_gerais.pdf)
7. Edmond Eger II, James B. Eisenkraft, Richard B. Weiskopf. *The pharmacology of inhaled anesthetics – the complete program*. 2007.
8. P. Schober, S. A. Loer. Closed system anaesthesia – historical aspects and recent developments. *European Journal of Anaesthesiology*, 2006, Vol. 23, p. 914-920
9. A. Suzuki, H. Bito, Y. Sanjo, T. Katoh and S. Sato. Evaluation of the PhysioFlex™ closed-circuit anesthesia machine. *European Journal of Anaesthesiology*, 2000, Vol. 17, p. 359-363
10. Dräger Medical. *Manual de Instruções Zeus*. Versão 3.n
11. Catálogo do Aprovisionamento Público da Saúde, Ministério da Saúde. [Consulta de 17 de Agosto de 2008]; Disponível em: [http://www.catalogo.min-saude.pt/CAPS/publico/pub\\_consulta.asp](http://www.catalogo.min-saude.pt/CAPS/publico/pub_consulta.asp)
12. Merat F, Merat S. Occupational hazards related to the practice of anesthesia. *Ann Fr Anesth Reanim*, 2008, Vol. 27, p. 63-73

## ANEXOS

## Índice de Tabelas - Anexos

<i>Tabela 1 – Dados dos Pacientes: 20 cirurgias com desflurano e 18 cirurgias com sevoflurano.....</i>	<i>53</i>
<i>Tabela 2 – Consumos médios, por fases, de todos os gases.....</i>	<i>55</i>
<i>Tabela 3 – Desvio padrão, por fases, de todos os gases.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabela 4 - Consumos médios, por fases, de todos os gases.....</i>	<i>57</i>
<i>Tabela 5 – Desvio padrão, por fases, de todos os gases.....</i>	<i>58</i>
<i>Tabela 6 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o O<sub>2</sub> na mistura O<sub>2</sub>+Ar....</i>	<i>59</i>
<i>Tabela 7 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o Ar na mistura O<sub>2</sub>+Ar....</i>	<i>60</i>
<i>Tabela 8 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o desflurano na mistura O<sub>2</sub>+Ar.....</i>	<i>61</i>
<i>Tabela 9 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o O<sub>2</sub> na mistura O<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>O</i>	<i>62</i>
<i>Tabela 10 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o N<sub>2</sub>O na mistura O<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>O.....</i>	<i>63</i>
<i>Tabela 11 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o desflurano na mistura O<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>O.....</i>	<i>64</i>
<i>Tabela 12 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o O<sub>2</sub> na mistura O<sub>2</sub>+Ar..</i>	<i>65</i>
<i>Tabela 13 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o Ar na mistura O<sub>2</sub>+Ar..</i>	<i>66</i>
<i>Tabela 14 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o sevoflurano na mistura O<sub>2</sub>+Ar.....</i>	<i>67</i>
<i>Tabela 15 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o O<sub>2</sub> na mistura O<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>O.....</i>	<i>68</i>
<i>Tabela 16 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o N<sub>2</sub>O na mistura O<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>O.....</i>	<i>69</i>
<i>Tabela 17 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o sevoflurano na mistura O<sub>2</sub>+N<sub>2</sub>O.....</i>	<i>70</i>
<i>Tabela 18 – Consumo total de gases - desflurano .....</i>	<i>71</i>
<i>Tabela 19 – Consumo total de gases - sevoflurano .....</i>	<i>72</i>
<i>Tabela 20 – Percentagem do consumo em F2 face ao consumo total.....</i>	<i>73</i>

## Anexo 1 Dados dos Pacientes

*Tabela 1 – Dados dos Pacientes: 20 cirurgias com desflurano e 18 cirurgias com sevoflurano*

Desflurano	Sexo	Idade (anos)	Peso (kg)	Duração total	Duração anestesia	Sevoflurano	Sexo	Idade (anos)	Peso (kg)	Duração total	Duração anestesia
<b>1</b>	Feminino	46	64	1:37:20	1:23:10	<b>1</b>	Feminino	57	71	1:07:20	1:07:20
<b>2</b>	Feminino	74	68	2:01:40	1:52:20	<b>2</b>	Feminino	47	60	0:44:30	0:44:30
<b>3</b>	Feminino	59	55	1:19:26	1:14:40	<b>3</b>	Masculino	59	109	1:21:50	1:21:50
<b>4</b>	Masculino	27	86	3:31:19	3:23:59	<b>4</b>	Masculino	67	56	2:54:59	2:54:59
<b>5</b>	Feminino	60	49	0:47:10	0:41:09	<b>5</b>	Feminino	57	53	1:06:00	1:06:00
<b>6</b>	Feminino	45	66	1:15:30	1:09:10	<b>6</b>	Feminino	52	60	0:44:10	0:44:10
<b>7</b>	Masculino	44	90	1:45:30	1:39:10	<b>7</b>	Feminino	54	86	1:25:33	1:25:33
<b>8</b>	Masculino	46	70	0:42:19	0:33:30	<b>8</b>	Masculino	31	125	0:56:20	0:56:20
<b>9</b>	Masculino	44	110	1:31:10	1:19:30	<b>9</b>	Feminino	56	63	0:45:00	0:45:00
<b>10</b>	Masculino	28	76	0:53:30	0:42:00	<b>10</b>	Feminino	56	59	1:24:01	1:24:01
<b>11</b>	Masculino	36	75	2:21:50	2:13:20	<b>11</b>	Feminino	31	54	1:23:30	1:23:30
<b>12</b>	Feminino	25	63	1:10:09	0:58:20	<b>12</b>	Feminino	39	70	0:50:00	0:45:50
<b>13</b>	Masculino	42	70	1:31:50	1:20:40	<b>13</b>	Feminino	72	59	3:16:19	3:09:39
<b>14</b>	Feminino	47	71	0:50:59	0:40:19	<b>14</b>	Feminino	50	62	1:54:09	1:49:19
<b>15</b>	Feminino	59	87	1:49:50	1:43:30	<b>15</b>	Feminino	32	65	1:48:40	1:42:10
<b>16</b>	Feminino	51	54	0:56:10	0:48:10	<b>16</b>	Feminino	68	59	1:39:29	1:36:29
<b>17</b>	Masculino	50	77	1:53:20	1:46:00	<b>17</b>	Feminino	64	95	1:52:30	1:43:20
<b>18</b>	Feminino	36	87	2:15:10	2:04:30	<b>18</b>	Feminino	83	54	1:54:39	1:42:29
<b>19</b>	Feminino	54	93	1:02:40	0:49:20						
<b>20</b>	Feminino	60	70	0:56:40	0:51:30						



## Anexo 2 Tempos de reacção do Zeus®

Desflurano	Pacientes									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tempo até atingir o equilíbrio:	04:30	05:00	04:10	06:50	04:40	04:40	04:50	04:10	05:00	04:30
Tempo até limpar o sistema:	03:20	03:00	02:50	08:00	10:20	05:10	04:00	07:20	03:10	10:20

Desflurano	Pacientes									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Tempo até atingir o equilíbrio:	03:50	03:40	04:30	04:20	04:30	04:30	04:10	04:00	04:40	03:50
Tempo até limpar o sistema:	05:10	06:00	03:30	05:20	08:50	04:40	07:50	08:00	07:30	03:10

Sevoflurano	Pacientes									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Tempo até atingir o equilíbrio:	04:50	07:20	01:20	05:30	07:20	08:00	04:20	04:40	08:40	11:30
Tempo até limpar o sistema:	13:20	08:40	29:00	05:40	06:20	04:00	06:20	06:00	05:30	06:20

Sevoflurano	Pacientes								
	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Tempo até atingir o equilíbrio:	05:30	04:30	04:00	04:50	04:30	04:50	03:30	03:50	03:50
Tempo até limpar o sistema:	00:06	11:20	14:30	05:30	06:20	05:20	07:40	05:10	07:40

## Anexo 3 Consumos de desflurano por caso anestésico

*Tabela 2 – Consumos médios, por fases, de todos os gases*

Caso anestésico	Consumo em F1			Consumo em F2			Consumo em F3			Consumo em F4		
	Oxigénio	Gás Transportador	Desflurano	Oxigénio	Gás Transportador	Desflurano	Oxigénio	Gás Transportador	Desflurano	Oxigénio	Gás Transportador	Desflurano
	(L/10s)	(L/10s)	(mL/10s)	(L/10s)	(L/10s)	(mL/10s)	(L/10s)	(L/10s)	(mL/10s)	(L/10s)	(L/10s)	(mL/10s)
1	1,5000	0,0000	0,0000	0,2143	0,0000	0,0714	0,0774	0,1615	0,0288	1,7000	0,0000	0,0000
2	0,0000	0,0000	0,0000	0,2903	0,5161	0,1290	0,0336	0,0224	0,0224	1,6316	0,0000	0,0000
3	0,0000	1,3333	0,3333	0,0769	0,4615	0,0769	0,0198	0,0123	0,0173	1,7778	0,1111	0,0000
4	1,2500	0,0000	0,0000	0,1667	0,3095	0,0714	0,0467	0,0009	0,0317	1,6939	0,0000	0,0000
5	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3103	0,1034	0,0192	0,0000	0,0256	1,5079	0,0000	0,0000
6	1,4444	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,1154	0,0305	0,0153	0,0305	1,6667	0,0000	0,0000
7	0,0000	5,5333	0,1333	0,0323	0,0000	0,1290	0,0820	0,0609	0,0820	1,8500	0,0500	0,0000
8	1,0000	0,0000	0,0000	0,4286	0,7500	0,3571	0,0309	0,0309	0,0185	1,7143	0,0000	0,0000
9	0,5000	0,0000	0,0000	0,2609	0,3478	0,2174	0,0412	0,0550	0,0687	1,6216	0,0270	0,0000
10	0,5714	0,7143	0,1429	0,5185	0,5556	0,1481	0,1101	0,0344	0,0206	1,6817	0,0000	0,0455
11	1,0000	0,0000	0,0000	0,6296	0,9259	0,2222	0,0383	0,0546	0,0055	1,4242	0,0909	0,0000
12	2,0000	0,0000	0,0000	0,5556	0,7407	0,1481	0,0370	0,0296	0,0185	1,6852	0,0185	0,0000
13	1,0000	0,0000	0,0000	0,5556	0,9259	0,1852	0,0342	0,0342	0,0043	1,9310	0,0000	0,0000
14	0,0000	0,0000	0,0000	0,2432	0,4865	0,3243	0,0417	0,0308	0,0163	1,6250	0,0000	0,0000
15	0,6667	0,0000	0,1667	0,4167	0,7083	0,4167	0,0246	0,0164	0,0164	1,5918	0,0000	0,0000
16	1,0000	0,0000	0,0000	0,0345	0,3103	0,1724	0,0405	0,0225	0,0360	1,4783	0,0000	0,0000
17	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4583	0,3333	0,0308	0,0346	0,0308	1,6154	0,0000	0,0000
18	1,0000	0,0000	0,0000	0,3929	0,6429	0,0714	0,0309	0,0225	0,0028	1,9688	0,0000	0,0000
19	1,8182	0,0000	0,0000	0,4828	0,7586	0,2414	0,1033	0,0535	0,0129	2,7200	0,0000	0,0000
20	0,4286	0,8571	0,4286	0,3044	0,5217	0,1304	0,0496	0,0483	0,0107	1,9688	0,0000	0,0000

*Tabela 3 – Desvio padrão, por fases, de todos os gases*

Caso anestésico	Desv. Pad. F1			Desv. Pad. F2			Desv. Pad. F3			Desv. Pad. F4		
	Gás			Gás			Gás			Gás		
	O <sub>2</sub>	Transportador	Desflurano	O <sub>2</sub>	Transportador	Desflurano	O <sub>2</sub>	Transportador	Desflurano	O <sub>2</sub>	Transportador	Desflurano
1	2,121	0,000	0,000	0,568	0,000	0,262	0,268	0,424	0,167	0,571	0,000	0,000
2	0,000	0,000	0,000	0,529	0,769	0,341	0,189	0,159	0,148	0,496	0,000	0,000
3	0,000	1,528	0,577	0,272	0,647	0,272	0,139	0,131	0,130	0,647	0,323	0,000
4	0,957	0,000	0,000	0,377	0,604	0,261	0,227	0,030	0,175	0,652	0,000	0,000
5	0,000	0,000	0,000	0,000	0,660	0,310	0,138	0,000	0,159	0,619	0,000	0,000
6	1,414	0,000	0,000	0,497	0,731	0,262	0,173	0,148	0,053	0,474	0,000	0,000
7	0,603	0,000	0,000	0,509	0,689	0,435	0,380	0,241	0,113	0,458	0,000	0,000
8	0,726	0,000	0,000	0,000	0,762	0,326	0,173	0,123	0,173	0,522	0,000	0,000
9	0,000	0,834	0,352	0,180	0,000	0,341	0,275	0,249	0,275	0,745	0,224	0,000
10	1,000	0,000	0,000	0,504	0,752	0,559	0,173	0,173	0,135	0,521	0,000	0,000
11	0,535	0,900	0,535	0,470	0,665	0,344	0,217	0,214	0,103	0,538	0,000	0,000
12	0,707	0,000	0,000	0,619	0,487	0,422	0,199	0,317	0,267	0,545	0,164	0,000
13	0,787	0,951	0,378	0,580	0,506	0,362	0,409	0,182	0,142	0,568	0,000	0,213
14	1,414	0,000	0,000	0,565	0,616	0,424	0,192	0,228	0,074	0,663	0,292	0,000
15	0,926	0,000	0,000	0,506	0,712	0,362	0,189	0,170	0,135	0,639	0,136	0,000
16	1,414	0,000	0,000	0,506	0,616	0,396	0,182	0,182	0,065	0,593	0,000	0,000
17	0,000	0,000	0,000	0,435	0,651	0,530	0,200	0,173	0,127	0,531	0,000	0,000
18	1,211	0,000	0,408	0,504	0,690	0,504	0,155	0,127	0,127	0,610	0,000	0,000
19	1,414	0,000	0,000	0,183	0,651	0,379	0,198	0,149	0,187	0,586	0,000	0,000
20	0,000	0,000	0,000	0,000	0,833	0,482	0,173	0,203	0,173	0,571	0,000	0,000

## Anexo 4 Consumos de sevoflurano por caso anestésico

Tabela 4 - Consumos médios, por fases, de todos os gases

Caso anestésico	Consumo em F1			Consumo em F2			Consumo em F3			Consumo em F4		
	Gás			Gás			Gás			Gás		
	Oxigénio (L/10s)	Transportador (L/10s)	Sevoflurano (mL/10s)	Oxigénio (L/10s)	Transportador (L/10s)	Sevoflurano (mL/10s)	Oxigénio (L/10s)	Transportador (L/10s)	Sevoflurano (mL/10s)	Oxigénio (L/10s)	Transportador (L/10s)	Sevoflurano (mL/10s)
1	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,4138	0,1724	0,0233	0,0116	0,0116	0,3704	0,9383	0,0000
2	1,2500	0,0000	0,0000	0,4397	1,0086	0,2155	0,0476	0,0635	0,0159	0,5849	0,9245	0,0000
3	0,0000	0,0000	0,0000	0,3333	0,6667	0,5556	0,0433	0,0630	0,0157	0,8571	0,3029	0,0000
4	0,0000	0,0000	0,0000	0,3636	0,2727	0,2424	0,1367	0,1661	0,0418	1,6857	0,0000	0,0000
5	1,0000	0,0000	0,0000	0,2895	0,5526	0,1053	0,0257	0,0257	0,0074	1,4889	0,0000	0,0000
6	0,0000	0,0000	0,0000	0,5833	1,0000	0,1667	0,0342	0,0479	0,0069	1,2857	0,0000	0,0000
7	0,0000	0,0000	0,0000	0,5000	0,7692	0,1154	0,0425	0,0386	0,0154	1,3846	0,2051	0,0000
8	0,0000	0,0000	0,0000	0,3571	0,6429	0,1071	0,0433	0,0346	0,0087	1,3514	0,3243	0,0000
9	0,0000	0,0000	0,0000	0,1539	0,2308	0,0192	0,0252	0,0252	0,0063	1,5294	0,0294	0,0000
10	0,0000	0,0000	0,0000	0,2464	0,4203	0,0725	0,0192	0,0137	0,0028	1,6667	0,0000	0,0000
11	1,3333	0,0000	0,0000	0,0000	0,1818	0,1212	0,0436	0,0727	0,0473	1,0206	0,5052	0,0000
12	0,0000	0,0000	0,0000	0,4444	0,7407	0,1481	0,0281	0,0225	0,0056	0,6812	0,3478	0,0000
13	0,0000	0,0000	0,0000	0,5417	0,0417	0,0833	0,0760	0,0400	0,0214	1,4157	0,0000	0,0000
14	0,0000	0,0000	0,0000	0,4138	0,7931	0,0690	0,0219	0,0135	0,0017	1,2353	0,3235	0,0000
15	0,0000	0,0000	0,0000	0,6552	1,1035	0,1379	0,0435	0,0453	0,0054	1,6970	0,0000	0,0000
16	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,3810	0,1429	0,0254	0,0117	0,0039	1,0851	0,4894	0,0000
17	0,0000	0,0000	0,0000	0,0870	0,4783	0,1739	0,0257	0,0000	0,0178	1,0870	0,3913	0,0000
18	0,0000	0,0000	0,0000	0,0500	0,1000	0,1000	0,1410	0,0088	0,0220	0,1576	0,0000	0,0000

*Tabela 5 – Desvio padrão, por fases, de todos os gases*

Casos anestésicos	Desv. Pad. F1			Desv. Pad. F2			Desv. Pad. F3			Desv. Pad. F4		
	O2	Gás Transportador	Sevoflurano	O2	Gás Transportador	Sevoflurano	O2	Gás Transportador	Sevoflurano	O2	Gás Transportador	Sevoflurano
1	1,414	0,000	0,000	0,000	0,780	0,384	0,151	0,107	0,107	0,486	0,556	0,000
2	0,754	0,000	0,000	0,532	0,786	0,413	0,215	0,246	0,126	0,570	0,474	0,000
3	0,000	0,000	0,000	0,707	1,000	0,527	0,204	0,274	0,125	0,756	0,592	0,000
4	0,000	0,000	0,000	0,603	0,626	0,435	0,360	0,378	0,200	0,631	0,000	0,000
5	1,414	0,000	0,000	0,460	0,686	0,311	0,159	0,159	0,086	0,626	0,000	0,000
6	0,000	0,000	0,000	0,504	0,659	0,381	0,182	0,214	0,083	0,677	0,000	0,000
7	0,000	0,000	0,000	0,510	0,765	0,326	0,202	0,193	0,124	0,711	0,409	0,000
8	0,000	0,000	0,000	0,488	0,731	0,315	0,204	0,183	0,093	0,824	0,475	0,000
9	0,000	0,000	0,000	0,364	0,509	0,139	0,157	0,157	0,079	0,615	0,171	0,000
10	0,000	0,000	0,000	0,434	0,651	0,261	0,138	0,117	0,052	0,701	0,000	0,000
11	0,707	0,000	0,000	0,000	0,465	0,331	0,205	0,311	0,213	0,736	0,542	0,000
12	0,000	0,000	0,000	0,577	0,656	0,362	0,166	0,149	0,075	0,776	0,480	0,000
13	0,000	0,000	0,000	1,021	0,204	0,282	0,276	0,201	0,145	0,618	0,000	0,000
14	0,000	0,000	0,000	0,501	0,675	0,258	0,146	0,115	0,041	0,932	0,475	0,000
15	0,000	0,000	0,000	0,484	0,724	0,351	0,204	0,225	0,074	0,585	0,000	0,000
16	0,000	0,000	0,000	0,000	0,805	0,359	0,157	0,108	0,062	0,855	0,000	0,000
17	0,000	0,000	0,000	0,288	0,730	0,388	0,158	0,000	0,132	0,765	0,592	0,000
18	0,000	0,000	0,000	0,224	0,308	0,308	0,439	0,094	0,147	0,452	0,000	0,000

## Anexo 5 Tratamento Estatístico - Desflurano

Tabela 6 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o  $O_2$  na mistura  $O_2+Ar$

Kruskal-Wallis Test Results for O <sub>2</sub> :								
Descriptive Statistics								
	Value				Rank			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
	1,500	0,214	0,077	1,700	31,0	23,0	20,0	38,0
	0,000	0,290	0,034	1,632	4,5	25,0	14,0	35,0
	0,000	0,077	0,020	1,778	4,5	19,0	10,0	39,0
	1,250	0,167	0,047	1,694	28,0	22,0	18,0	37,0
	0,000	0,000	0,019	1,508	4,5	4,5	9,0	32,0
	1,444	0,000	0,031	1,667	29,0	4,5	11,0	36,0
	0,000	0,032	0,082	1,850	4,5	13,0	21,0	40,0
	0,500	0,261	0,041	1,622	26,0	24,0	17,0	34,0
	1,000	0,034	0,041	1,478	27,0	15,0	16,0	30,0
	0,000	0,000	0,031	1,615	4,5	4,5	12,0	33,0
Median	0,250	0,056	0,037	1,649	15,3	17,0	15,0	35,5
Sum	5,694	1,076	0,422	16,543	163,5	154,5	148,0	354,0
N	10	10	10	10	10	10	10	10
Test Results								
Statistic	Value	DF 1	DF 2	P				
Chi-Square	21,921	3	-	0,000				
F	15,402	3	35	0,000				
TESTE NÃO-PARAMÉTRICO DE NEMENYI PARA COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS								
STANDARD ERROR (SE): 36,96846								
n - nº de valores da variável dependente								
para cada valor da variável independente:								
k - nº de valores da variável independente (factor):								
Amostras ordenadas pela soma dos escalões (ranks)								
q <sub>α∞k</sub>								
		Comparação	Diferença	SE	q	q <sub>0.5∞4</sub>	Conclusão	
F3	148,0	F1 vs. F2	9,0	36,96846	0,243451	3,633	igual	
F2	154,5	F1 vs. F3	15,5	36,96846	0,419276	3,633	igual	
F1	163,5	F1 vs. F4	190,5	36,96846	5,153042	3,633	diferente	
F4	354,0	F2 vs. F3	6,5	36,96846	0,175826	3,633	igual	
		F2 vs. F4	199,5	36,96846	5,396493	3,633	diferente	
		F3 vs. F4	206,0	36,96846	5,572318	3,633	diferente	
q = Diferença/SE								

Tabela 7 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o Ar na mistura O<sub>2</sub>+Ar

Kruskal-Wallis Test Results for Ar:								
Descriptive Statistics								
	Value				Rank			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
	0,000	0,000	0,162	0,000	9,5	9,5	30,0	9,5
	0,000	0,516	0,022	0,000	9,5	38,0	22,0	9,5
	1,333	0,462	0,012	0,111	39,0	36,0	20,0	29,0
	0,000	0,310	0,001	0,000	9,5	31,0	19,0	9,5
	0,000	0,310	0,000	0,000	9,5	33,0	9,5	9,5
	0,000	0,500	0,015	0,000	9,5	37,0	21,0	9,5
	5,533	0,000	0,061	0,050	40,0	9,5	28,0	26,0
	0,000	0,348	0,055	0,027	9,5	34,0	27,0	24,0
	0,000	0,310	0,023	0,000	9,5	32,0	23,0	9,5
	0,000	0,458	0,035	0,000	9,5	35,0	25,0	9,5
Median	0,000	0,329	0,022	0,000	9,5	33,5	22,5	9,5
Sum	6,867	3,214	0,385	0,188	155,0	295,0	224,5	145,5
N	10	10	10	10	10	10	10	10
Test Results								
Statistic	Value	DF 1	DF 2	P				
Chi-Square	11,687	3	-	0,009				
F	5,135	3	35	0,005				
TESTE NÃO-PARAMÉTRICO DE NEMENYI PARA COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS								
STANDARD ERROR (SE): 36,96846								
n - nº de valores da variável dependente								
para cada valor da variável independente:								
k - nº de valores da variável independente (factor):								
Amostras ordenadas pela soma dos escalões (ranks)								
		q <sub>α∞k</sub>						
		Comparação	Diferença	SE	q	q <sub>0.5∞4</sub>	Conclusão	
F4	145,5	F1 vs. F2	139,5	36,96846	3,773487	3,633	diferente	
F1	155,5	F1 vs. F3	69,0	36,96846	1,866456	3,633	igual	
F3	224,5	F1 vs. F4	10,0	36,96846	0,270501	3,633	igual	
F2	295,0	F2 vs. F3	70,5	36,96846	1,907031	3,633	igual	
		F2 vs. F4	149,5	36,96846	4,043988	3,633	diferente	
q = Diferença/SE		F3 vs. F4	79,0	36,96846	2,136957	3,633	igual	

Tabela 8 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o desflurano na mistura O<sub>2</sub>+Ar

Kruskal-Wallis Test Results for Desflurano:										
Descriptive Statistics										
	Value				Rank					
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4		
	0,000	0,071	0,029	0,000	9,5	29,0	22,0	9,5		
	0,000	0,129	0,022	0,000	9,5	35,0	20,0	9,5		
	0,333	0,077	0,017	0,000	40,0	30,0	19,0	9,5		
	0,000	0,071	0,032	0,000	9,5	28,0	25,0	9,5		
	0,000	0,103	0,026	0,000	9,5	32,0	21,0	9,5		
	0,000	0,115	0,031	0,000	9,5	33,0	23,0	9,5		
	0,133	0,129	0,082	0,000	36,0	34,0	31,0	9,5		
	0,000	0,217	0,069	0,000	9,5	38,0	27,0	9,5		
	0,000	0,172	0,036	0,000	9,5	37,0	26,0	9,5		
	0,000	0,333	0,031	0,000	9,5	39,0	24,0	9,5		
Median	0,000	0,122	0,031	0,000	9,5	33,5	23,5	9,5		
Sum	0,467	1,420	0,374	0,000	152,0	335,0	238,0	95,0		
N	10	10	10	10	10	10	10	10		
Test Results										
Statistic	Value	DF 1	DF 2	P						
Chi-Square	26,479	3	-	0,000						
F	25,376	3	35	0,000						
TESTE NÃO-PARAMÉTRICO DE NEMENYI PARA COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS										
STANDARD ERROR (SE)					36,96846					
n - nº de valores da variável dependente										
para cada valor da variável independente:					10					
k - nº de valores da variável independente (factor):					4					
Amostras ordenadas pela soma dos escalões (ranks)					q <sub>α∞k</sub>					
					Comparação	Diferença	SE	q	q <sub>0.5∞4</sub>	Conclusão
F4	95,0				F1 vs. F2	183,0	36,96846	4,950166	3,633	diferente
F1	152,0				F1 vs. F3	86,0	36,96846	2,326308	3,633	igual
F3	238,0				F1 vs. F4	57,0	36,96846	1,541855	3,633	igual
F2	335,0				F2 vs. F3	97,0	36,96846	2,623859	3,633	igual
					F2 vs. F4	240,0	36,96846	6,492021	3,633	diferente
q = Diferença/SE					F3 vs. F4	143,0	36,96846	3,868163	3,633	diferente



Tabela 9 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o  $O_2$  na mistura  $O_2+N_2O$

Kruskal-Wallis Test Results for O <sub>2</sub> :								
Descriptive Statistics								
	Value				Rank			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
	1,000	0,393	0,031	1,969	26,5	14,0	4,0	37,5
	1,818	0,483	0,103	2,720	35,0	18,0	10,0	40,0
	1,000	0,429	0,031	1,714	26,5	16,5	3,0	34,0
	0,429	0,304	0,050	1,969	16,5	13,0	9,0	37,5
	0,571	0,519	0,110	1,682	22,0	19,0	11,0	32,0
	1,000	0,630	0,038	1,424	26,5	23,0	7,0	29,0
	2,000	0,556	0,037	1,685	39,0	20,0	6,0	33,0
	1,000	0,556	0,034	1,931	26,5	21,0	5,0	36,0
	0,000	0,243	0,042	1,625	1,0	12,0	8,0	31,0
	0,667	0,417	0,025	1,592	24,0	15,0	2,0	30,0
Median	1,000	0,456	0,038	1,700	26,5	17,3	6,5	33,5
Sum	9,485	4,528	0,500	18,311	243,5	171,5	65,0	340,0
N	10	10	10	10	10	10	10	10
Test Results								
Statistic	Value	DF 1	DF 2	P				
Chi-Square	29,616	3	-	0,000				
F	37,872	3	35	0,000				
TESTE NÃO-PARAMÉTRICO DE NEMENYI PARA COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS STANDARD ERROR (SE): 36,96846								
n - nº de valores da variável dependente para cada valor da variável independente: 10								
k - nº de valores da variável independente (factor): 4								
Amostras ordenadas pela soma dos escalões ( <i>ranks</i> )								
		Comparação		Diferença	SE	q	q <sub>0.5∞4</sub>	Conclusão
F3	65,0	F1 vs. F2		72,0	36,96846	1,947606	3,633	igual
F2	171,5	F1 vs. F3		178,5	36,96846	4,828441	3,633	diferente
F1	243,5	F1 vs. F4		96,5	36,96846	2,610334	3,633	igual
F4	340,0	F2 vs. F3		106,5	36,96846	2,880834	3,633	igual
		F2 vs. F4		168,5	36,96846	4,55794	3,633	diferente
q = Diferença/SE		F3 vs. F4		275,0	36,96846	7,438774	3,633	diferente

Tabela 10 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o  $N_2O$  na mistura  $O_2+N_2O$

Kruskal-Wallis Test Results for N <sub>2</sub> O:								
Descriptive Statistics								
	Value				Rank			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
	0,000	0,643	0,022	0,000	8,5	32,0	19,0	8,5
	0,000	0,759	0,054	0,000	8,5	37,0	26,0	8,5
	0,000	0,750	0,031	0,000	8,5	36,0	22,0	8,5
	0,857	0,522	0,048	0,000	38,0	30,0	25,0	8,5
	0,714	0,556	0,034	0,000	34,0	31,0	24,0	8,5
	0,000	0,926	0,055	0,091	8,5	39,5	27,0	28,0
	0,000	0,741	0,030	0,019	8,5	35,0	20,0	18,0
	0,000	0,926	0,034	0,000	8,5	39,5	23,0	8,5
	0,000	0,486	0,031	0,000	8,5	29,0	21,0	8,5
	0,000	0,708	0,016	0,000	8,5	33,0	17,0	8,5
Median	0,000	0,725	0,033	0,000	8,5	34,0	22,5	8,5
Sum	1,571	7,016	0,355	0,109	140,0	342,0	224,0	114,0
N	10	10	10	10	10	10	10	10
Test Results								
Statistic	Value	DF 1	DF 2	P				
Chi-Square	24,728	3	-	0,000				
F	20,792	3	35	0,000				
TESTE NÃO-PARAMÉTRICO DE NEMENYI PARA COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS STANDARD ERROR (SE): 36,96846								
n - nº de valores da variável dependente para cada valor da variável independente: 10								
k - nº de valores da variável independente (factor): 4								
Amostras ordenadas pela soma dos escalões (ranks)								
				q <sub>α×k</sub>				
		Comparação	Diferença	SE	q	q <sub>0,5×4</sub>	Conclusão	
F4	114,0	F1 vs. F2	202,0	36,96846	5,464118	3,633	diferente	
F1	140,0	F1 vs. F3	84,0	36,96846	2,272207	3,633	igual	
F3	224,0	F1 vs. F4	26,0	36,96846	0,703302	3,633	igual	
F2	342,0	F2 vs. F3	118,0	36,96846	3,191911	3,633	igual	
		F2 vs. F4	228,0	36,96846	6,16742	3,633	diferente	
q = Diferença/SE		F3 vs. F4	110,0	36,96846	2,97551	3,633	igual	

Tabela 11 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o desflurano na mistura  $O_2+N_2O$

Kruskal-Wallis Test Results for Desflurano:								
Descriptive Statistics								
	Value				Rank			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
	0,000	0,071	0,003	0,000	8,5	28,0	17,0	8,5
	0,000	0,241	0,013	0,000	8,5	36,0	21,0	8,5
	0,000	0,357	0,019	0,000	8,5	38,0	25,0	8,5
	0,429	0,130	0,011	0,000	40,0	29,0	20,0	8,5
	0,143	0,148	0,021	0,045	30,0	31,0	26,0	27,0
	0,000	0,222	0,005	0,000	8,5	35,0	19,0	8,5
	0,000	0,148	0,018	0,000	8,5	32,0	24,0	8,5
	0,000	0,185	0,004	0,000	8,5	34,0	18,0	8,5
	0,000	0,324	0,016	0,000	8,5	37,0	22,0	8,5
	0,167	0,417	0,016	0,000	33,0	39,0	23,0	8,5
Median	0,000	0,204	0,015	0,000	8,5	34,5	21,5	8,5
Sum	0,738	2,245	0,127	0,045	162,5	339,0	215,0	103,5
N	10	10	10	10	10	10	10	10
Test Results								
Statistic	Value	DF 1	DF 2	P				
Chi-Square	23,575	3	-	0,000				
F	18,341	3	35	0,000				
TESTE NÃO-PARAMÉTRICO DE NEMENYI PARA COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS								
STANDARD ERROR (SE)				36,96846				
n - nº de valores da variável dependente para cada valor da variável independente:								
					10			
k - nº de valores da variável independente (factor):								
					4			
Amostras ordenadas pela soma dos escalões (ranks)					q <sub>α∞k</sub>			
		Comparação	Diferença	SE	q	q <sub>0.5∞4</sub>	Conclusão	
F4	103,5	F1 vs. F2	176,5	36,96846	4,774341	3,633	diferente	
F1	162,5	F1 vs. F3	52,5	36,96846	1,42013	3,633	igual	
F3	215,0	F1 vs. F4	59,0	36,96846	1,595955	3,633	igual	
F2	339,0	F2 vs. F3	124,0	36,96846	3,354211	3,633	igual	
		F2 vs. F4	235,5	36,96846	6,370296	3,633	diferente	
q = Diferença/SE		F3 vs. F4	111,5	36,96846	3,016085	3,633	igual	

## Anexo 6 Tratamento Estatístico - Sevoflurano

Tabela 12 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o  $O_2$  na mistura  $O_2+Ar$

Kruskal-Wallis Test Results for O <sub>2</sub> :								
Descriptive Statistics								
	Value				Rank			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
	1,000	0,000	0,023	0,370	29,0	5,0	10,0	24,0
	1,250	0,440	0,048	0,585	33,0	25,0	15,0	27,0
	0,000	0,333	0,043	0,857	5,0	22,0	13,0	28,0
	0,000	0,364	0,137	1,686	5,0	23,0	19,0	36,0
	1,333	0,000	0,044	1,021	34,0	5,0	14,0	30,0
	0,000	0,542	0,076	1,416	5,0	26,0	17,0	35,0
	0,000	0,000	0,025	1,085	5,0	5,0	11,0	31,0
	0,000	0,087	0,026	1,087	5,0	18,0	12,0	32,0
	0,000	0,050	0,141	0,158	5,0	16,0	20,0	21,0
Median	0,000	0,087	0,044	1,021	5,0	18,0	14,0	30,0
Sum	3,583	1,815	0,563	8,264	126,0	145,0	131,0	264,0
N	9	9	9	9	9	9	9	9
Test Results								
Statistic	Value	DF 1	DF 2	P				
Chi-Square	13,084	3	-	0,004				
F	6,368	3	31	0,002				
TESTE NÃO-PARAMÉTRICO DE NEMENYI PARA COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS STANDARD ERROR (SE): 31,60696								
n - nº de valores da variável dependente para cada valor da variável independente: 9								
k - nº de valores da variável independente (factor): 4								
Amostras ordenadas pela soma dos escalões (ranks)					q <sub>α∞k</sub>			
		Comparação	Diferença	SE	q	q <sub>0.5∞4</sub>	Conclusão	
F1	126,0	F1 vs. F2	19,0	31,60696	0,601133	3,633	igual	
F3	131,0	F1 vs. F3	5,0	31,60696	0,158193	3,633	igual	
F2	145,0	F1 vs. F4	138,0	31,60696	4,366127	3,633	diferente	
F4	264,0	F2 vs. F3	14,0	31,60696	0,44294	3,633	igual	
		F2 vs. F4	119,0	31,60696	3,764993	3,633	diferente	
q = Diferença/SE		F3 vs. F4	133,0	31,60696	4,207934	3,633	diferente	

Tabela 13 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o Ar na mistura  
O<sub>2</sub>+Ar

Kruskal-Wallis Test Results for Ar:								
Descriptive Statistics								
	Value				Rank			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
	0,000	0,414	0,012	0,938	7,0	29,0	15,0	35,0
	0,000	1,009	0,063	0,925	7,0	36,0	20,0	34,0
	0,000	0,667	0,063	0,303	7,0	33,0	19,0	26,0
	0,000	0,273	0,166	0,000	7,0	25,0	23,0	7,0
	0,000	0,182	0,073	0,505	7,0	24,0	21,0	32,0
	0,000	0,042	0,040	0,000	7,0	18,0	17,0	7,0
	0,000	0,381	0,012	0,489	7,0	27,0	16,0	31,0
	0,000	0,478	0,000	0,391	7,0	30,0	7,0	28,0
	0,000	0,100	0,009	0,000	7,0	22,0	14,0	7,0
Median	0,000	0,381	0,040	0,391	7,0	27,0	17,0	28,0
Sum	0,000	3,544	0,437	3,551	63,0	244,0	152,0	207,0
N	9	9	9	9	9	9	9	9
Test Results								
Statistic	Value	DF 1	DF 2	P				
Chi-Square	19,501	3	-	0,000				
F	13,421	3	31	0,000				
TESTE NÃO-PARAMÉTRICO DE NEMENYI PARA COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS								
STANDARD ERROR (SE): 31,60696								
n - nº de valores da variável dependente								
para cada valor da variável independente: 9								
k - nº de valores da variável independente (factor): 4								
Amostras ordenadas pela soma dos escalões (ranks)					q <sub>α∞k</sub>			
		Comparação	Diferença	SE	q	q <sub>0,5∞4</sub>	Conclusão	
F1	63,0	F1 vs. F2	181,0	31,60696	5,726587	3,633	diferente	
F3	152,0	F1 vs. F3	89,0	31,60696	2,815835	3,633	igual	
F4	207,0	F1 vs. F4	144,0	31,60696	4,555958	3,633	diferente	
F2	244,0	F2 vs. F3	92,0	31,60696	2,910751	3,633	igual	
		F2 vs. F4	37,0	31,60696	1,170628	3,633	igual	
q = Diferença/SE		F3 vs. F4	55,0	31,60696	1,740123	3,633	igual	

Tabela 14 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o sevoflurano na mistura O<sub>2</sub>+Ar

Kruskal-Wallis Test Results for Sevoflurano:								
Descriptive Statistics								
	Value				Rank			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
	0,000	0,172	0,012	0,000	9,5	32,0	20,0	9,5
	0,000	0,216	0,016	0,000	9,5	34,0	22,0	9,5
	0,000	0,556	0,016	0,000	9,5	36,0	21,0	9,5
	0,000	0,242	0,042	0,000	9,5	35,0	26,0	9,5
	0,000	0,121	0,047	0,000	9,5	30,0	27,0	9,5
	0,000	0,083	0,021	0,000	9,5	28,0	24,0	9,5
	0,000	0,143	0,004	0,000	9,5	31,0	19,0	9,5
	0,000	0,174	0,018	0,000	9,5	33,0	23,0	9,5
	0,000	0,100	0,022	0,000	9,5	29,0	25,0	9,5
Median	0,000	0,172	0,018	0,000	9,5	32,0	23,0	9,5
Sum	0,000	1,807	0,197	0,000	85,5	288,0	207,0	85,5
N	9	9	9	9	9	9	9	9
Test Results								
Statistic	Value	DF 1	DF 2	P				
Chi-Square	33,765	3	-	0,000				
F	291,600	3	31	0,000				
TESTE NÃO-PARAMÉTRICO DE NEMENYI PARA COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS								
STANDARD ERROR (SE):		31,60696						
n - nº de valores da variável dependente								
para cada valor da variável independente:		9						
k - nº de valores da variável independente (factor):		4						
Amostras ordenadas pela soma dos escalões (ranks)								
		Comparação	Diferença	SE	q	q <sub>0.5∞4</sub>	Conclusão	
F1	85,5	F1 vs. F2	202,5	31,60696	6,406816	3,633	diferente	
F4	85,5	F1 vs. F3	121,5	31,60696	3,84409	3,633	diferente	
F3	207,0	F1 vs. F4	0,0	31,60696	0	3,633	igual	
F2	288,0	F2 vs. F3	81,0	31,60696	2,562727	3,633	igual	
		F2 vs. F4	202,5	31,60696	6,406816	3,633	diferente	
q = Diferença/SE		F3 vs. F4	121,5	31,60696	3,84409	3,633	diferente	

Tabela 15 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o  $O_2$  na mistura  $O_2+N_2O$

Kruskal-Wallis Test Results for O <sub>2</sub> :								
Descriptive Statistics								
	Value				Rank			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
	1,000	0,289	0,026	1,489	28,0	20,0	12,0	33,0
	0,000	0,583	0,034	1,286	4,5	25,0	14,0	30,0
	0,000	0,500	0,042	1,385	4,5	24,0	15,0	32,0
	0,000	0,357	0,043	1,351	4,5	21,0	16,0	31,0
	0,000	0,154	0,025	1,529	4,5	18,0	11,0	34,0
	0,000	0,246	0,019	1,667	4,5	19,0	9,0	35,0
	0,000	0,444	0,028	0,681	4,5	23,0	13,0	27,0
	0,000	0,414	0,022	1,235	4,5	22,0	10,0	29,0
	0,000	0,655	0,043	1,697	4,5	26,0	17,0	36,0
Median	0,000	0,414	0,028	1,385	4,5	22,0	13,0	32,0
Sum	1,000	3,644	0,284	12,320	64,0	198,0	117,0	287,0
N	9	9	9	9	9	9	9	9
Test Results								
Statistic	Value	DF 1	DF 2	P				
Chi-Square	28,809	3	-	0,000				
F	49,635	3	31	0,000				
TESTE NÃO-PARAMÉTRICO DE NEMENYI PARA COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS								
STANDARD ERROR (SE):				31,60696				
n - nº de valores da variável dependente								
para cada valor da variável independente:				9				
k - nº de valores da variável independente (factor):				4				
Amostras ordenadas pela soma dos escalões (ranks)					q <sub>α∞k</sub>			
		Comparação	Diferença	SE	q	q <sub>0,5∞4</sub>	Conclusão	
F1	64,0	F1 vs. F2	134,0	31,60696	4,239572	3,633	diferente	
F3	117,0	F1 vs. F3	53,0	31,60696	1,676846	3,633	igual	
F2	198,0	F1 vs. F4	223,0	31,60696	7,055408	3,633	diferente	
F4	287,0	F2 vs. F3	81,0	31,60696	2,562727	3,633	igual	
		F2 vs. F4	89,0	31,60696	2,815835	3,633	igual	
q = Diferença/SE		F3 vs. F4	170,0	31,60696	5,378562	3,633	diferente	

Tabela 16 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o  $N_2O$  na mistura  $O_2+N_2O$

Kruskal-Wallis Test Results for N <sub>2</sub> O:								
Descriptive Statistics								
	Value				Rank			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
	0,000	0,553	0,026	0,000	7,0	30,0	18,0	7,0
	0,000	1,000	0,048	0,000	7,0	35,0	23,0	7,0
	0,000	0,769	0,039	0,205	7,0	33,0	21,0	24,0
	0,000	0,643	0,035	0,324	7,0	31,0	20,0	27,0
	0,000	0,231	0,025	0,029	7,0	25,0	17,0	19,0
	0,000	0,420	0,014	0,000	7,0	29,0	15,0	7,0
	0,000	0,741	0,022	0,348	7,0	32,0	16,0	28,0
	0,000	0,793	0,013	0,324	7,0	34,0	14,0	26,0
	0,000	1,103	0,045	0,000	7,0	36,0	22,0	7,0
Median	0,000	0,741	0,026	0,029	7,0	32,0	18,0	19,0
Sum	0,000	6,253	0,267	1,230	63,0	285,0	166,0	152,0
N	9	9	9	9	9	9	9	9
Test Results								
Statistic	Value	DF 1	DF 2	P				
Chi-Square	26,218	3	-	0,000				
F	31,846	3	31	0,000				
TESTE NÃO-PARAMÉTRICO DE NEMENYI PARA COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS								
STANDARD ERROR (SE): 31,60696								
n - nº de valores da variável dependente								
para cada valor da variável independente: 9								
k - nº de valores da variável independente (factor): 4								
Amostras ordenadas pela soma dos escalões (ranks)					q <sub>α∞k</sub>			
		Comparação	Diferença	SE	q	q <sub>0,5∞4</sub>	Conclusão	
F1	63,0	F1 vs. F2	222,0	31,60696	7,023769	3,633	diferente	
F4	152,0	F1 vs. F3	103,0	31,60696	3,258776	3,633	igual	
F3	166,0	F1 vs. F4	89,0	31,60696	2,815835	3,633	igual	
F2	285,0	F2 vs. F3	119,0	31,60696	3,764993	3,633	diferente	
		F2 vs. F4	133,0	31,60696	4,207934	3,633	diferente	
q = Diferença/SE		F3 vs. F4	14,0	31,60696	0,44294	3,633	igual	



Tabela 17 - Resultados dos testes de Kruskal-Wallis e de Nemenyi para o sevoflurano na mistura  $O_2+N_2O$

Kruskal-Wallis Test Results for Sevoflurano:								
Descriptive Statistics								
	Value				Rank			
	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4
	0,000	0,105	0,007	0,000	9,5	31,0	25,0	9,5
	0,000	0,167	0,007	0,000	9,5	36,0	24,0	9,5
	0,000	0,115	0,015	0,000	9,5	33,0	27,0	9,5
	0,000	0,107	0,009	0,000	9,5	32,0	26,0	9,5
	0,000	0,019	0,006	0,000	9,5	28,0	23,0	9,5
	0,000	0,072	0,003	0,000	9,5	30,0	20,0	9,5
	0,000	0,148	0,006	0,000	9,5	35,0	22,0	9,5
	0,000	0,069	0,002	0,000	9,5	29,0	19,0	9,5
	0,000	0,138	0,005	0,000	9,5	34,0	21,0	9,5
Median	0,000	0,107	0,006	0,000	9,5	32,0	23,0	9,5
Sum	0,000	0,941	0,060	0,000	85,5	288,0	207,0	85,5
N	9	9	9	9	9	9	9	9
Test Results								
Statistic	Value	DF 1	DF 2	P				
Chi-Square	33,765	3	-	0,000				
F	291,600	3	31	0,000				
TESTE NÃO-PARAMÉTRICO DE NEMENYI PARA COMPARAÇÕES MÚLTIPLAS								
STANDARD ERROR (SE): 31,60696								
n - nº de valores da variável dependente								
para cada valor da variável independente: 9								
k - nº de valores da variável independente (factor): 4								
Amostras ordenadas pela soma dos escalões (ranks)								
		Comparação	Diferença	SE	q	q <sub>0.5∞4</sub>	Conclusão	
F1	85,5	F1 vs. F2	202,5	31,60696	6,406816	3,633	diferente	
F4	85,5	F1 vs. F3	121,5	31,60696	3,84409	3,633	diferente	
F3	207,0	F1 vs. F4	0,0	31,60696	0	3,633	igual	
F2	288,0	F2 vs. F3	81,0	31,60696	2,562727	3,633	igual	
		F2 vs. F4	202,5	31,60696	6,406816	3,633	diferente	
q = Diferença/SE		F3 vs. F4	121,5	31,60696	3,84409	3,633	diferente	

## Anexo 7 Consumo Total de gases por caso anestésico

Tabela 18 – Consumo total de gases - desflurano

Paciente	O <sub>2</sub> (L)				Ar (L)				Desflurano (mL)			
	Consumo em F1	Consumo em F2	Consumo em F3	Consumo em F4	Consumo em F1	Consumo em F2	Consumo em F3	Consumo em F4	Consumo em F1	Consumo em F2	Consumo em F3	Consumo em F4
1	3	6	35	34	0	0	73	0	0	2	13	0
2	0	9	21	31	0	16	14	0	0	4	14	0
3	0	2	8	32	4	12	5	2	1	2	7	0
4	5	7	53	83	0	13	1	0	0	3	36	0
6	2	11	11	63	0	18	8	0	0	2	1	0
8	13	0	4	75	0	13	2	0	0	3	4	0
9	0	1	35	37	8	0	26	1	2	4	35	0
12	1	6	12	60	0	8	16	1	0	5	20	0
19	2	1	9	68	0	9	5	0	0	5	8	0
20	0	0	8	42	0	11	9	0	0	8	8	0
					N <sub>2</sub> O (L)							
5	0	0	3	95	0	9	0	0	0	0	4	0
7	20	14	56	68	0	22	29	0	0	7	7	0
10	3	12	5	108	0	21	5	0	0	10	3	0
11	3	7	37	63	6	12	36	0	3	3	8	0
13	4	14	48	37	5	15	15	0	1	4	9	0
14	2	17	7	47	0	25	10	3	0	6	1	0
15	16	15	20	91	0	20	16	1	0	4	10	0
16	2	15	8	56	0	25	8	0	0	5	1	0
17	0	9	23	78	0	18	17	0	0	12	9	0
18	4	10	15	78	0	17	10	0	1	10	10	0

Tabela 19 – Consumo total de gases - sevoflurano

Paciente	O <sub>2</sub> (L)				Ar (L)				Sevoflurano (mL)			
	Consumo em F1	Consumo em F2	Consumo em F3	Consumo em F4	Consumo em F1	Consumo em F2	Consumo em F3	Consumo em F4	Consumo em F1	Consumo em F2	Consumo em F3	Consumo em F4
1	2	0	6	30	0	12	3	76	0	5	3	0
2	15	51	63	31	0	117	4	49	0	25	1	0
3	0	3	11	150	0	6	16	53	0	5	4	0
4	0	12	121	59	0	9	147	0	0	8	37	0
11	0	12	12	99	0	6	20	49	0	4	13	0
13	0	13	78	126	0	1	41	0	0	2	22	0
17	0	0	13	51	0	8	6	23	0	3	2	0
18	0	2	13	100	0	11	0	36	0	4	9	0
20	0	1	32	58	0	2	2	0	0	2	5	0
					N <sub>2</sub> O (L)							
5	2	11	7	67	0	21	7	0	0	4	2	0
6	0	14	5	63	0	24	7	0	0	4	1	0
7	0	13	11	54	0	20	10	8	0	3	4	0
8	0	10	10	50	0	18	8	12	0	3	2	0
9	0	8	4	52	0	12	4	1	0	4	1	0
10	0	17	7	65	0	29	5	0	0	5	1	0
12	0	12	5	47	0	20	4	24	0	4	1	0
14	0	12	13	42	0	23	8	11	0	2	1	0
16	0	19	24	56	0	32	25	0	0	4	3	0

## Anexo 8 Percentagens do consumo na Fase 2

Tabela 20 – Percentagem do consumo em F2 face ao consumo total

Sevoflurano	Consumo em F1	Consumo em F2	Consumo em F3	Consumo em F4	%	Desflurano	F1	F2	F3	F4	%
N <sub>2</sub> O	0	5	3	0	62,50	Ar	0	2	13	0	13,33
N <sub>2</sub> O	0	25	1	0	96,15	Ar	0	4	14	0	22,22
N <sub>2</sub> O	0	5	4	0	55,56	Ar	1	2	7	0	20,00
N <sub>2</sub> O	0	8	37	0	17,78	Ar	0	3	36	0	7,69
N <sub>2</sub> O	0	4	13	0	23,53	Ar	0	2	1	0	66,67
N <sub>2</sub> O	0	2	22	0	8,33	Ar	0	3	4	0	42,86
N <sub>2</sub> O	0	3	2	0	60,00	Ar	2	4	35	0	9,76
N <sub>2</sub> O	0	4	9	0	30,77	Ar	0	5	20	0	20,00
N <sub>2</sub> O	0	2	5	0	28,57	Ar	0	5	8	0	38,46
				Mediana	30,77 %	Ar	0	8	8	0	50,00
Ar	0	4	2	0	66,67					Mediana	21,11 %
Ar	0	4	1	0	80,00	N <sub>2</sub> O	0	0	4	0	0,00
Ar	0	3	4	0	42,86	N <sub>2</sub> O	0	7	7	0	50,00
Ar	0	3	2	0	60,00	N <sub>2</sub> O	0	10	3	0	76,92
Ar	0	4	1	0	80,00	N <sub>2</sub> O	3	3	8	0	21,43
Ar	0	5	1	0	83,33	N <sub>2</sub> O	1	4	9	0	28,57
Ar	0	4	1	0	80,00	N <sub>2</sub> O	0	6	1	0	85,71
Ar	0	2	1	0	66,67	N <sub>2</sub> O	0	4	10	0	28,57
Ar	0	4	3	0	57,14	N <sub>2</sub> O	0	5	1	0	83,33
				Mediana	66,67 %	N <sub>2</sub> O	0	12	9	0	57,14
						N <sub>2</sub> O	1	10	10	0	47,62
										Mediana	48,81 %

